técnica

412

associação dos estudantes do instituto superior técnico

novembro 1971

revista de engenharia

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

SEDE

Rua de Alexandre Herculano, 244 — PORTO

TELEFONES: 2 76 76 / 77 / 78 / 79 — Est. 90

DELEGAÇÃO

Rua Rosa Araújo, 35 — LISBOA

TEL.: 73 11 81/82/83/84/85/86 - 73 33 33 - 48 49 91

●

ELECTRICIDADE DO LINDOSO E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

●

A **UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA** distribui, pela mais extensa rede de alta tensão em Portugal (cerca de 2 500 km), energia eléctrica em 70 concelhos, nos distritos de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU, LEIRIA, SETÚBAL e ÉVORA.

10.000 obras realizadas

- coberturas
- perfis especiais
- vigas pré-esforçadas
- pavimento trief
- protecção de segurança
- mosaicos
- tubos

materiais novobra

PAVIMENTOS

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADOS (HOMOLOGADOS PELO LAB. NAC. DE ENGENHARIA CIVIL)

LEIRIA — PONTE DAS MESTRAS — TEL. 2 37 88
LISBOA — AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100, 5.º, Dto. — TEL. 77 14 83 - 77 48 32
LAGOA — ESTRADA DO CARMO — TEL. 94

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

BIBLIOTECA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA LISBOA

OFERTA

técnica

NÚMERO 412 NOVEMBRO DE 1971 ANO XLVI VOLUME XXXIV PUBLICAÇÃO MENSAL

DIRECTOR
Guilherme Silva Arroz

ADMINISTRADOR
José Toscano

CHEFE DE REDACÇÃO
Francisco Pedroso

SECRETÁRIO
José Sá da Costa

REDACTORES
António Mouraz Miranda, José de Oliveira Paulo, José Xambre Bento, Maria Teresa Lemos, Rogério Pinto

CONSELHO REDACTORIAL
A. Ferreira dos Santos, A. Romão Dias, Aquiles Gomes, Carlos Rosmaninho, Domingos Moura, F. Sousa Marques, H. Nunes Garcia, J. Borges da Silva, J. P. Figanier, L. Aires-Barros, L. Borges Teixeira

DIRECÇÃO, REDACÇÃO E ADMINISTRAÇÃO
Av. Rovisco Pais, I. S. T. — Lisboa
Telefone 73 15 49

PROPRIETÁRIO E EDITOR
A. E. I. S. T.

★

ASSINATURAS:	5 n.os	10 n.os
Continente e Ilhas	95$00	180$.
Ultramar, Brasil Espanha	100$00	190$.
Estrangeiro	—	200$.
Número avulso ...	—	25$.

Não se publica em Agosto e Setembro

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

★

COMPOSIÇÃO E IMPRESSÃO NA
MOVIGRÁFICA
R. do Espírito Santo, 19-A Odivelas

SUMÁRIO

59 — AIRES - BARROS e R. C. GRAÇA — *Percolação forçada de água através das rochas e a previsão de alterabilidade.*
The forced percolation of water through rocks and prevision of alterability.

73 — MÁRIO NINA — *The effectiveness of a two-dimensional film-cooling slot with tapered lip.*
O coeficiente de temperatura num jacto parietal plano com lábio em bisel.

77 — CORREIA MINEIRO — *Planeamento Nacional Antisísmico.*
National Antiseismic Planing.

85 — CESAR SEQUEIRA — *Modos de obtenção de um depósito metálico com espessura uniforme e métodos de medição das eficiências de distribuição dos banhos electrolíticos.*
Ways of obtaining a metallic deposit with uniform thickness and methods measuring the distribution efficiencies of electrolytic baths.

91 — A. COMPRIDO e A. LEITE — *Ensaios em camada limite turbulenta ao longo duma placa com gradiente de pressão nulo.*
Experiments on turbulent boundary layer along a flat plate pressure gradient.

105 — GUEDES DE MELO — *Efeito do tempo nas características mecânicas dos solos.*
Time effect on mechanical characteristics of a soil.

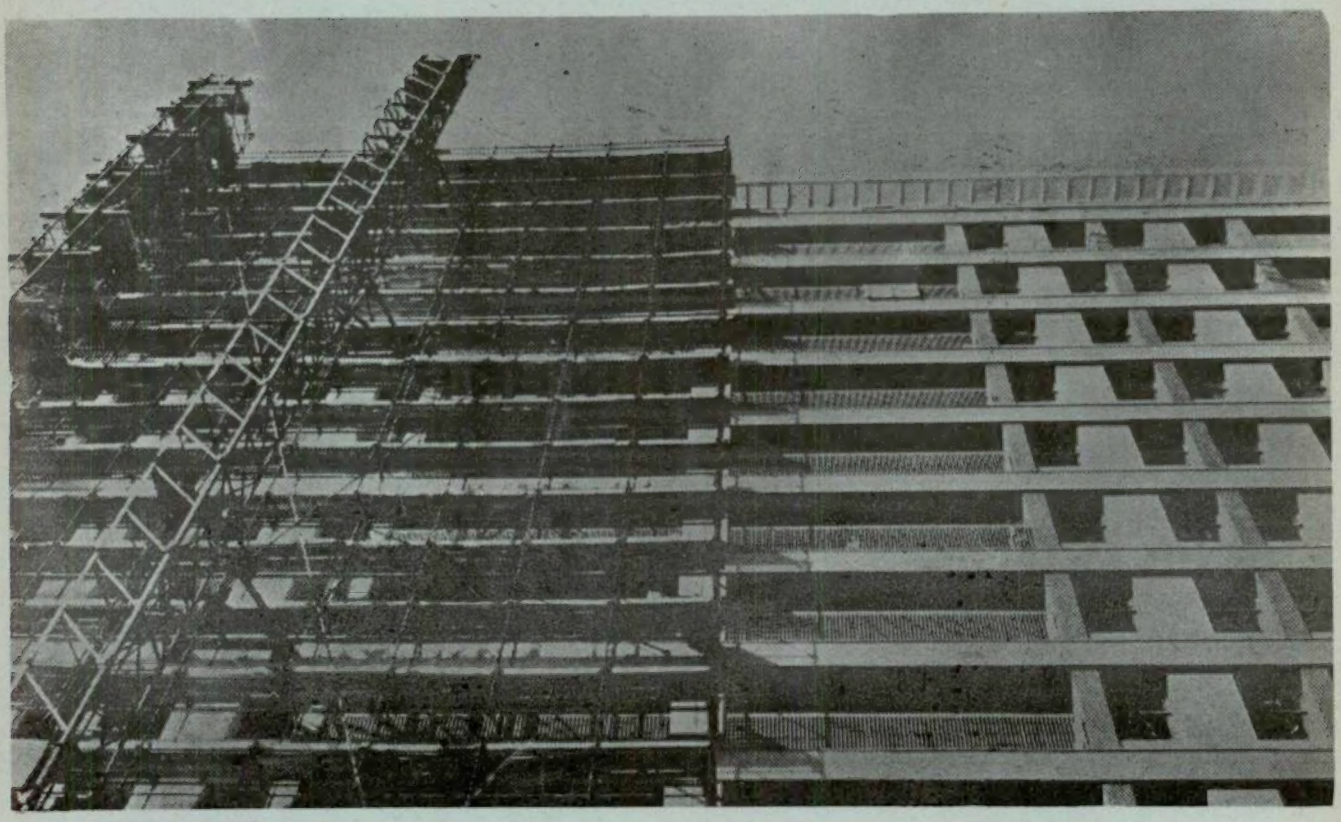
117 — BIBLIOGRAFIA

CAPA — Potente motoniveladora Caterpillar (Modelo 14 D). Com o seu novo sistema de lâmina pode arrastar o material na direcção do deslocamento em vez de o espalhar pelas estradas como as motoniveladoras convencionais — Distribuidores: S. T. E. T. — Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores.

INDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES

	Pág.
Argilex	XXVIII
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	VI
Comenta	XIV
Construções Técnicas	XVII
Construções Schréder	XXI
EFACEC	XX
Eficex Kienzle	II
Electrotécnicos Reunidos	XV
Electro-Arco, Lda.	II
Empresa de Cimentos de Leiria	X
Empresa Electro Cerâmica	XXVIII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Lda.	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XVI
Fanafel	XVI
Fundações Franki, Lda.	I
Guedes & Almeida, Lda.	IV e VIII
H. Hagen, Lda.	XXII
Heliaço	2.ª da capa
Hidrel	XIX
Harker Sumner	XXIV
Isolux	IV
Johann Keller	VI
J. F. Azevedo e Silva	VII
J. Roma	V
Jomatel	XIV
Livros Técnicos	V
Monteiro Gomes	VI
Mendes de Almeida	XXV
Novobra, Lda.	2.ª da capa
Plessey Automática Eléctrica	XIX
Rotring	XXIX
Salvador Caetano	XXIII
Spesa	
Siemens	XII
Soc. Electricidade Brown Boveri	4.ª da capa
Soc. Amadeu Gaudêncio	XXVIII
Soc. Industrial Metalúrgica	XXII
Sociedade Partuguesa Cavan	XIX
S. K. F. Lda.	XXVI
Sondagens e Fundações A. Cavaco	II
Sondagens Ródio, Lda.	V
Sopecate	XXII
Standard Eléctrica	IX
União Eléctrica Portuguesa	2.ª da capa
Wild Portugal, Lda.	III

na base da construção moderna: estacas FRANKI, moldadas no solo.



A elevada gama de diâmetros das estacas Franki permite a melhor adaptação a cada problema concreto de fundações, desde a construção mais ligeira até à de grande concentração de cargas muito elevadas. Material permanentemente actualizado e pessoal com especialização constantemente aprofundada garantem a segurança, rapidez e economia das fundações executadas.

FRANKI

Consulte-nos: FUNDAÇÕES FRANKI, LDA. — PORTUGAL

CALCULAR...

...instantâneamente, silenciosamente, com economia e segurança.

...programa de calculadores electrónicos de CASIO COMPUTER, Co. LTD TÓKYO-JAPÃO

...diversos modelos com as mais evoluídas características para toda a espécie de cálculos.

Demonstrações sem compromisso

-12 Modelos diferentes.
- 1 Programável.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
EFICEX KIENZLE LISBOA: Av. João XXI, 4A-tels 727028-727019
DISTRIBUIDORES NO NORTE:
HORBE, LDA PORTO: Rua Faria Guimarães, 105 - tel. 4 33 46

• ESTUDOS, PESQUISAS E CAPTAÇÕES DE ÁGUA

• SONDAGENS GEOLÓGICAS

• REBAIXAMENTO DE NÍVEIS AQUÍFEROS

• FUNDAÇÕES

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.
R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R C ESQ. — LISBOA - 1
- TELEF. 56 11 71/72/73

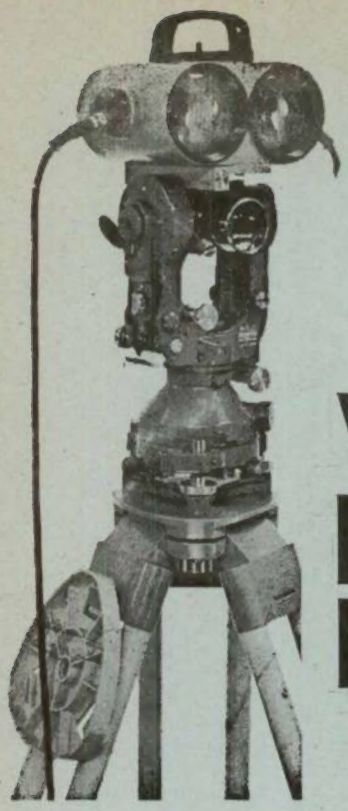
ELECTRO-ARCO, L.DA

ELÉCTRODOS ✦ POSTOS ✦ ACESSÓRIOS
PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

✱

MATERIAL APROVADO PELOS
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS
GERMANISCHER LLOYD

LISBOA
Rua Silva Carvalho, 239
Tels. 68 36 49 - 68 48 93
FÁBRICA E LABORATÓRIOS
Venda Nova — Amadora
Tels. 97 06 13 - 97 17 33
PORTO
Rua do Bolhão, 216
Tel. 2 12 77 - 39 44 73



Agora

para distâncias

até 2000 m

WILD DISTOMAT DI 10

O mais recente modelo do único aparelho de medição de distâncias, por infra-vermelhos, em serviço desde 3 anos, permite alcance até 2000 m e é adaptável aos teodolitos WILD T1A, T16 e T2.

Esta combinação é a ideal para poligonações, levantamentos por radiação e para implantações.

Economiza	**tempo, trabalho, dinheiro**
Aumenta	**precisão, rendimento, lucro**
Aprovado	**desde 3 anos em toda a parte do mundo**
Garantido	**pelos nossos serviços técnicos**

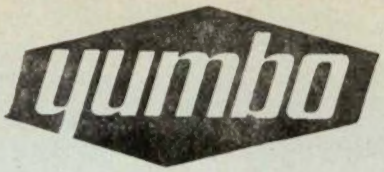
WILD
HEERBRUGG

Solicitem prospecto detalhado ou demonstração aos representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8 * TEL. 68 91 12 * LISBÔA-2

ESCAVADORAS HIDRÁULICAS
S/RODAS — S/LAGARTAS



— ENTREGAS IMEDIATAS

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA, LDA.

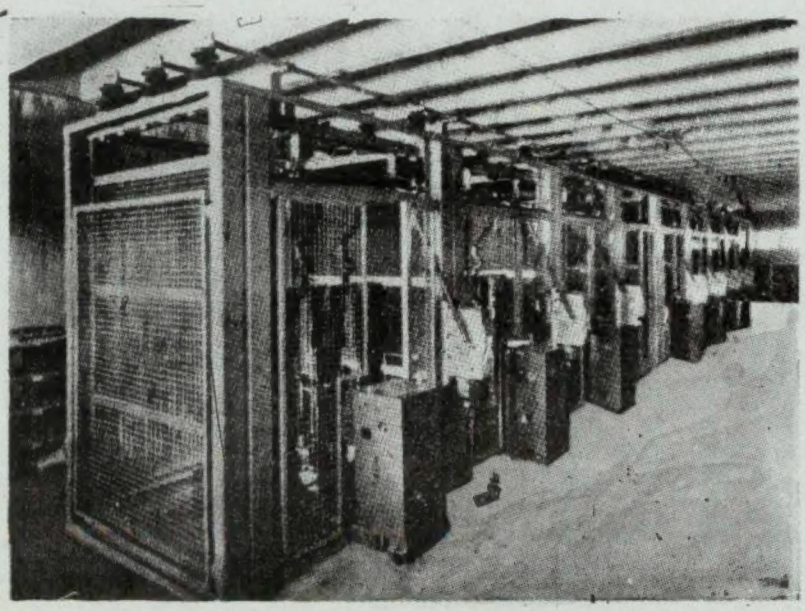
RUA ÁUREA, 181 - 2.° — TELEFONES 325011 - 327845 — LISBOA

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto
R. Dr. Alfredo Magalhães, 110 - 2º. Dtº.
Tel. 20723

Lisboa
L. Campo Pequeno, 21 - 4° Esq
Tel. 77 00 30/8/9



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais

Subestações

Postos de Transformação

Fábricas

Edifícios públicos

Blocos residenciais

Dimensionamento de Secções de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

— Flexão simples de secções rectangulares simplesmente armadas
— Flexão simples de secções rectangulares duplamente armadas
a) com armadura de compressão reduzida
b) com armadura de tracção reduzida
— Flexão simples de secções T duplamente armadas
— Flexão simples de secções T duplamente armadas
— Compressão simples
— Flexão composta de secções rectangulares
a) com armadura simétrica
b) com armadura de tracção reduzida
c) com armadura de compressão reduzida
— Flexão composta desviada de secções rectangulares
— Flexão composta de secções em T
a) com armadura de tracção reduzida
b) comarmadura de compressão reduzida
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas
— Esforço transverso

Preço 150$00

Dimensionamento de Secções Circulares de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

— Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas

Preço 60$00

Por J. M. MADEIRA COSTA
ENG.º CIVIL

À venda na TÉCNICA e nas LIVRARIAS

• SOLDADURA ELÉCTRICA
• MATERIAL DE PROTECÇÃO

Aparelhagem de medidas eléctricas

✦ indicadora
✦ reguladora
✦ registadora

J. ROMA, L.DA

P. da Figueira, 12, 1.º LISBOA Tel. 865151
P. do Município, 309-6.º S. 3 PORTO Tel. 0236732

SONDAGENS RODIO, LD.

R. S. Bento, 644 - 3.º LISBOA
PORTO
LUANDA
BEIRA

TELEFONE: 68 80 96

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ESTACAS
PAREDES CONTÍNUAS
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

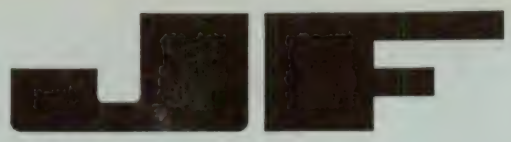
permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 32 73 77 — Lisboa

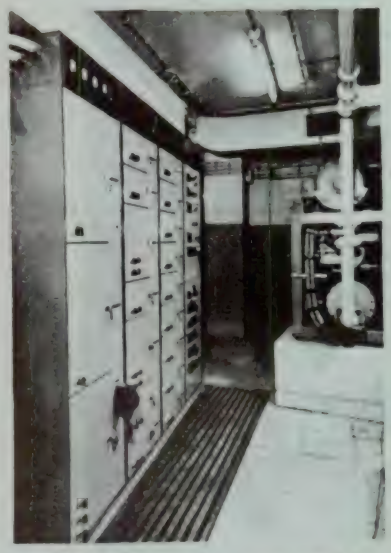
No Norte: **SCIAL** — R. António Feliciano de Castilho, 1126 — Telef. 97 09 32 — Areosa — Porto



Construiu nas suas oficinas e instalou no

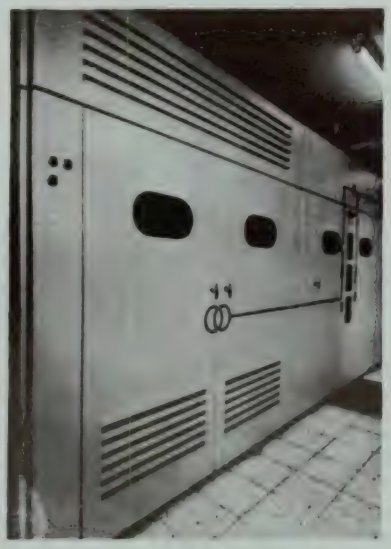
BANCO DE ANGOLA

FILIAL DO PORTO



Quadro de comando e controle de instalação de Ar condicionado

Quadro geral de baixa tenção



Posto de transformação blindado e pré-fabricado 15kV/400/231v

Executou ainda:

- **O projecto de electricidade**
- **A instalação eléctrica do edifício**

J.F. DE AZEVEDO E SILVA & Cª Lda

Rua S. Francisco de Sales, 2-1º, Tel. 654165-Lisboa

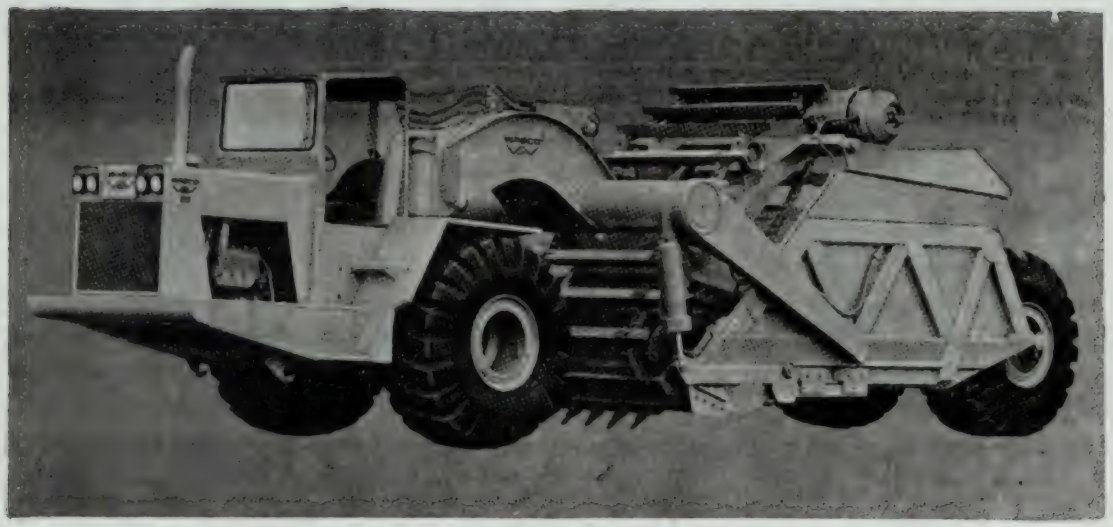
WABCO

An American-Standard Company

MOTO-SCRAPERS AUTO-CARREGADORES

CAPACIDADES ATÉ 34 JARDAS CÚBICAS

NÃO NECESSITA DE TRACTOR PARA EMPURRE!
UMA SÓ MÁQUINA... UM SÓ OPERADOR...



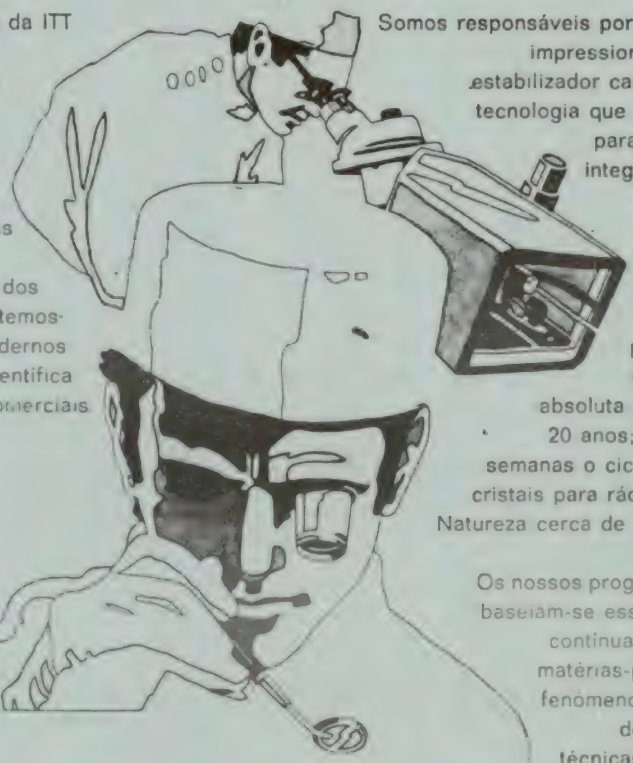
DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA LDA.

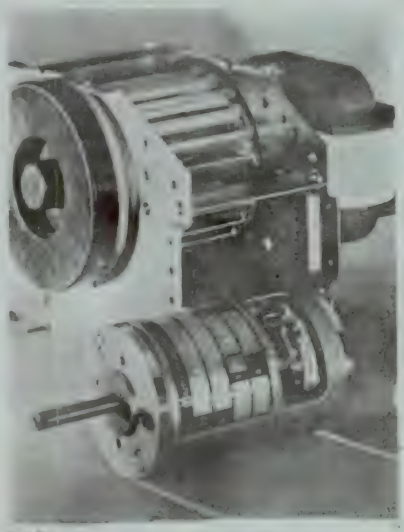
Rua Áurea, 181-2.º — LISBOA-2 — TELEFS. 32 50 80 e 32 78 45

A maior rede de especialistas na Europa antecipa-se aos seus problemas

O Grupo de Componentes da ITT Europa tem uma ambição: Não permitir a interrupção da actividade dos seus clientes por falta de componentes
Conhecendo em todo o pormenor as características dos mercados podemos antecipar-nos à resolução dos seus problemas. Por isso temos na Europa Ocidental 4 modernos centros de investigação científica que apoiam as divisões comerciais.



Somos responsáveis por alguns resultados impressionantes: O primeiro estabilizador cardíaco baseado na tecnologia que a ITT desenvolveu para os seus circuitos integrados; a produção de amplificadores para cabos submarinos que, submersos a grandes profundidades, têm que funcionar com absoluta segurança durante 20 anos; reduzimos para 3 semanas o ciclo de produção de cristais para rádio o que levaria à Natureza cerca de 3 milhões de anos a conseguir.
Os nossos programas de pesquisa baseiam-se essencialmente numa contínua procura de novas matérias-primas e de novos fenómenos físicos, base do desenvolvimento de técnicas e processos que levam ao aparecimento de novos componentes.



Exemplos de componentes ITT

São estes motores e ventiladores largamente usados em aplicações tais como: máquinas de executivo, gravadores de fita magnética, aparelhagem doméstica, projectores, aquecedores de água, sistemas de ventilação e refrigeração, etc.
A gama de motores ITT está prevista para operação unifásica ou trifásica com potências nominais de 0,7 a 78 W. As potências dos motores de corrente contínua vão desde 0,25 a 25 W. Existem ainda modelos acoplados a redutores de velocidade.

Para informações completas dirija-se a:
STANDARD ELÉCTRICA, S. A. R. L.
Divisão ITT de Vendas de Componentes
Av. da República, 60, 2.°-D.
Lisboa 1
Telef. 765491

COMPONENTES **ITT**

71/D

SUPER-VULCANO

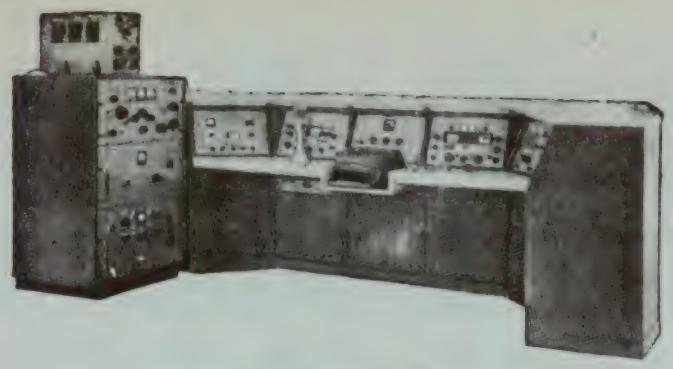
(Cimento Portland de Ferro)

Aprovado pelo Decreto n.º 49 371, de 11-11-1969

um cimento de
alta qualidade
distribuído pela

Empreza de Cimentos de Leiria, S.A.R.L.

SÍMBOLO DE QUALIDADE



Comunicações

equipamentos
e sistemas completos

- Cuidadosamente projectados
- Amplamente experimentados
- Completamente integrados

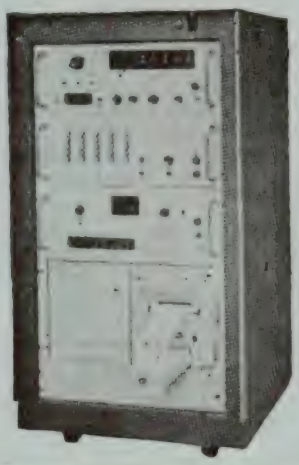
THE TECHNICAL MATERIEL CORPORATION

HEWLETT hp PACKARD

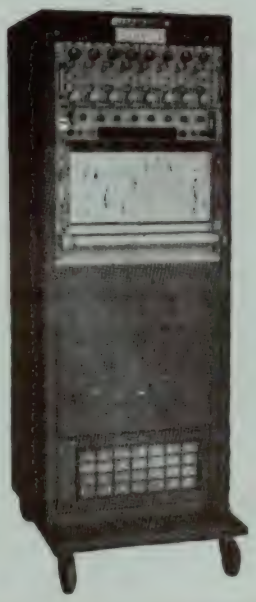
aparelhagem electrónica de medida e registo

Osciioscópios, Oscilógrafos, Voltímetros electrónicos, Geradores de sinal, Contadores electrónicos, Registadores digitais, Fontes de alimentação

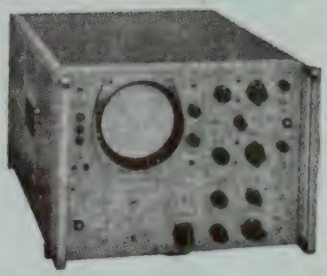
Registador digital Dymec



Registador Sanborn



Osciloscópio HP



Contador Electrónico HP

TELECTRA EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S.A.R.L.

SIEMENS

Canalizações eléctricas pré-fabricadas de aplicação industrial só com 5 Módulos Básicos (Isoladas ao derredor até 400 A)

O sistema L 8 PL da Siemens é, no mercado europeu, a única canalização eléctrica pré-fabricada de **Polyester reforçado a fibra de vidro** com saídas permutáveis até 400 A.

As vantagens deste Sistema-L capsulado em material isolante saltam à vista:

- Isento de corrosão em Atmosferas agressivas (até "MAK" = máx. concentração no local de trabalho)
- Isolamento de protecção segundo VDE 0660
- Sem manutenção, nenhuma pintura protectora e com uma duração de vida ilimitada
- Tropicalizado, não inflamável e com extinção automática

No sistema-L concentrou-se uma série de possibilidades de aplicação. O resultado torna-se evidente:

- Montagem agradável pelas dimensões e pesos reduzidos
- Sistema modular de aplicação universal
- Elevada liberdade de montagem em prolongamentos e adaptações de serviço
- Simples, económico e elementos completos de projecto
- Vantajoso como coluna montante em edifícios
- Mudança segura de fusíveis através das caixas de saída com aferrolhamento na tampa

Existências permanentes em armazém

Se deseja conhecer todas as vantagens entre em contacto com

Sistema-L da Siemens

técnica

NÚMERO 412 NOVEMBRO DE 1971 ANO XLVI VOLUME XXXIV PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 550.41 : 542.1/4 : 624.131.25

A PERCOLAÇÃO FORÇADA DE ÁGUA ATRAVÉS AS ROCHAS E A PREVISÃO DA ALTERABILIDADE (*)

por L. AIRES — BARROS e R. C. GRAÇA
Laboratório de Mineralogia e Petrologia
Inst. Sup. Técnico — Lisboa

RESUMO

Procura-se avaliar a reactividade água-rocha por meio da percolação forçada de água através das rochas. Para isso foi projectado e construído um percolador de altas pressões que se descreve.

Ensaiaram-se vários tipos de rochas ígneas, tendo-se determinado as respectivas permeabilidades à água em regime forçado. Dosearam-se, também, os catiões Na^+ e K^+ dos líquidos percolados Caracterizaram-se, ainda,as rochas estudadas por meio das suas porosidades e permeabilidades ao ar.

Apresentam-se curvas das variações, no tempo, das permeabilidades à água em regime forçado e da mobilização catiónica, tentando-se a sua interpretação geoquímica.

SYNOPSIS

The water-rock reactivity by means of the forced percolation through the rocks is intended.

For this, a high-pressure water-percolater was designed and constructed.

Several types of igneous rocks were tested in order to determine the forced water-permeability and also the mobilization of the Na^+ and K^+ cations removed. The figures of air porosity and permeability of these rocks are also presented.

From the figures of the forced water-permeability and cationic mobilization along the time several curves were worked and geochemically interpreted.

I — INTRODUÇÃO

Ligado ao conceito de alteração de uma rocha anda o de alterabilidade, de particular incidência no campo da geologia de engenharia.

A alteração refere-se a um estádio de tranformação natural que dada rocha ostenta. A alterabilidade é um conceito dinâmico que se refere à aptidão de uma rocha para se alterar.

O grau de alteração de uma rocha (m) é função de factores intrínsecos à rocha (i), como o tipo de minerais e a superfície exposta ao ataque que depende da textura e da microfracturação e microfissuração bem como dos vazios da rocha, e de factores extrínsecos (e) que caracterizam o meio ambiente.

A alterabilidade (m_l) é função, para além dos factores considerados para a alteração, de um «tempo humano» $\underline{t}$ (tempo de duração das obras de engenharia à escala humana), já que o tempo a que se processa a alteração é, principalmente, um «tempo geológico» T. Assim:

$$m_l = F\ (i,\ e,\ t,\ T)$$

A alterabilidade será a taxa de desenvolvimento da alteração num «tempo humano».

$$m_l = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

(*) Trabalho realizado no âmbito do projecto de investigação «Geoquímica da alteração experimental de rochas», subsídiado pelo Instituto de Alta Cultura do Ministério da Educação Nacional.

(*) Recebido na redacção em 21-10-1971.

O problema da avaliação da alterabilidade de uma rocha, consistirá, numa boa parte, no estudo da aptidão dessa rocha a ser transformada pelos mecanismos químicos que são postos em acção pelas águas meteóricas e que conduzem à debelitação das ligações físicas intercristalinas e intracristalinas.

Duma maneira bastante mais prática, diríamos empírica, visando a utilização imediata das rochas nas obras de engenharia e tendo em consideração que o «tempo geológico» funciona como uma constante em comparação com os factores primordiais do problema, a alterabilidade de uma rocha vai depender estreitamente de:

a) superfície e volume das descontinuidades da rocha acessíveis ao ar e à água.

b) tipo e grau de reactividade água meteórica-rocha.

c) utilização da rocha.

A consideração da alínea c) leva-nos a cindir o problema em dois:

c_1) utilização da rocha como material de construção.

c_2) utilização da rocha, in situ, como fundação.

Para além de qualidades especiais que algumas utilizações das rochas impõem (como as que se ligam com a obtençãode pedras ornamentais), exige-se, na generalidade, um mínimo de características mecânicas e de estanqueidade.

Portanto, num primeiro passo, há que responder à questão de saber se determinada rocha responde a esses quesitos mínimos no lapso de tempo previsto para a vida da obra. Depois, como a rocha se comportará em face da fadiga introduzida pelo tipo específico de utilização a que vai ser submetida.

Talvez seja oportuno cindir o conceito de alterabilidade em alterabilidade estática e alterabilidade dinâmica.

A alterabilidade estática dá conta da aptidão de uma rocha a ser transformada pelos mecanismos químicos que são desencadeados pela agressão das águas meteóricas que as percolam.

Este tipo de alterabilidade vai depender, para dado ambiente, portanto para factores extrínsecos definidos, da

1) porosidade
2) permeabilidade ao ar
3) da reactividade água-rocha

Supondo um lote de rochas endógenas sãs, cujo estudo físico se fez com base nos parâmetros acima referidos, elas poderão ter *efectivamente comportamentos diferentes*, quando submetidos a uma *mesma utilização*, a despeito de exibirem uma mesma *alterabilidade estática*.

A alterabilidade dinâmica terá de se avaliar de um modo empírico, a partir de extenso conhecimento do comportamento efectivo das rochas com vários tipos de utilização.

Assim, o primeiro passo para a avaliação da alterabilidade será o conhecimento dos parâmetros acima referidos e que permitirão definir a alterabilidade estática em face dos valores determinados.

O segundo passo será a colecção de informação do comportamento concreto de rochas desse tipo e alterabilidade, e que tem largo uso quer como material de construção, quer suportando obras de arte, quer tendo sido objecto de importantes escavações, etc.

O tratamento dessa informação e a determinação das propriedades dessas rochas no estado actual deverão permitir conduzir à avaliação da alterabilidade dinâmica.

II — REACTIVIDADE ENTRE A ROCHA E A ÁGUA CIRCUNDANTE

A análise da reactividade de uma rocha em relação à água, que a embebe e circula pelas suas descontinuidades, pode fazer-se, fundamentalmente, por três vias:

1.ª — Método micropetrográfico

Este método baseia-se na análise micropetrográfica qualitativa e quantitativa — análise modal — de rochas de que se conhece também a porosidade e a permeabilidade, determinados por outras vias que não apenas a micropetrográfica. Este método além de dar o grau de alteração da rocha e o interpretar, é de primeira importância para a compreensão do mecanismo da evolução da rocha. Além disso fornece informações sobre a composição mineralógica e é sabido que é assaz diverso a reactividade de cada espécie mineral em relação à água.

2.ª — Método da determinação da alterabilidade específica dos minerais das rochas

Neste método cuida-se de avaliar, por ensaios laboratoriais, a alterabilidade específica de minerais isolados constituintes essenciais e acessórios principais das rochas. Tem-se dedicado atenção a este tipo de investigação, principalmente conjugado com o *método micropetrográfico*, trabalhando-se, neste momento, na obtenção de um índice de alterabilidade que poderá resultar da simbiose destes dois métodos (AIRES - BARROS, 1970).

3.ª — Método da percolação forçada de água

O assunto principal desta nota consiste na aplicação deste método, proposto inicialmente por FARRAN THENOZ (1965), ao estudo da reactividade rocha-água. Para isso houve que projectar, construir e pôr em funcionamento um dispositivo de percolação forçada cujas linhas gerais apontaremos.

Vejamos, de modo sucinto, como o método da percolação forçada pode fornecer elementos de grande interesse para o estudo da reactividade água-rocha.

Neste método há a considerar:

— as variações de débito de água em função da duração da filtração
— as análises químicas dos filtrados

A análise do primeiro quesito impõe-se pois que as modificações da permeabilidade (k) ao longo do ensaio indicam reactividade entre a rocha e a água percolante. Estas reacções podem provocar a deposição de produtos nos canais ou apenas o entumescimento de alguns minerais. Podem originar lixiviações com a concomitante remoção de material, quer por arrastamento, quer em solução. Seja qual for a causa das modificações da permeabilidade, a *variação da percolação, com o tempo é um critério de reactividade.*

Quanto ao segundo quesito, o doseamento dos elementos químicos arrastados e presentes nas diferentes tomas do percolado, permite saber se eles provêm de:

a) Preenchimento de descontinuidades que se vão esgotando à medida que a percolação forçada se realiza. Neste caso a lavagem deverá conduzir, com o tempo, ao esgotamento desse produto de preenchimento e o teor dos elementos químicos (q) constituintes, tenderá para zero à medida que o número de percolações aumenta, pois se dá o esgotamento do induto que colmatava os

PERCOLADOR DE ALTAS PRESSÕES

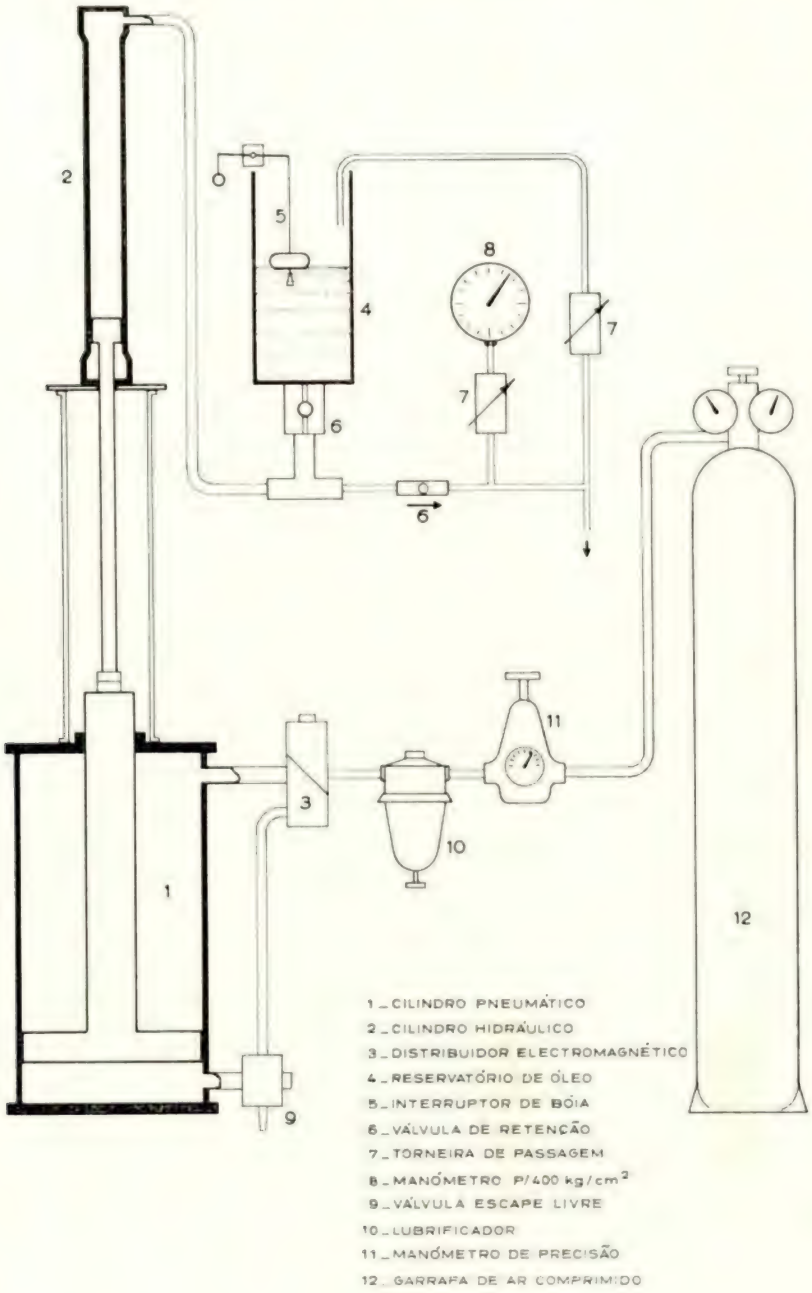


Fig. 1

canais. Neste caso o preenchimento das microfracturas e microfissuras corresponde a uma alteração passada e acabada. A rocha está «sarada» desse estádio.

b) Lixiviação actual e activa dos minerais constituintes da rocha. Neste caso assiste-se a um aumento das concentrações dos elementos químicos doseados (ou de alguns) à medida que se realizam percolações. Aqui estamos em presença de casos de reactividade mais ou menos intensa dos minerais com a água e que progride com o tempo. No entanto tenha-se em atenção que estas considerações podem ser perturbadas por efeitos de colmatação por reactividade que tapa os poros e canalículos.

Assim há que ter em atenção as seguintes hipóteses:

$\frac{dk}{dt} < 0$

- $\frac{dq}{dt} < 0$ — reactividade água-rocha com colmatação das descontinuidades pelos produtos lixiviados.
- $\frac{dq}{dt} > 0$ — reactividade água-rocha com lavagem e remoção de elementos químicos mobilizados, havendo, contudo, tendência para a colmatação.

$\frac{dk}{dt} > 0$

- $\frac{dq}{dt} < 0$ — reactividade nula; simples alargamento de descontinuidades por acções físicas ou lavagem inicial de induto que preenche descontinuidades e que se esgota à medida que prossegue a percolação.
- $\frac{dq}{dt} > 0$ — reactividade água-rocha com remoção de material e consequente alargamento de descontinuidades.

$\frac{dk}{dt} = 0$ e $\frac{dq}{dt} = 0$ — reactividade nula, a água apenas circula pelas descontinuidades sem as alargar nem colmatar; não há remoção nem deposição de material.

III — PERCOLADOR DE ALTAS PRESSÕES

O ensaio de percolação a altas pressões ou percolação forçada está-se realizando no Laboratório de Mineralogia e Petrologia do Instituto Superior Técnico, por meio de um sistema que permite obter percolação de fluidos através de amostras de rocha até pressões da ordem dos 270 kg cm^{-2}.

Em linhas gerais, o percolador é constituido por um sistema hidropneumático que transforma uma pequena pressão, fornecida por uma garrafa de ar comprimido ou um compressor, numa elevada pressão que se transmite por via hidráulica ao líquido percolante por intermédio de um «pistão» de mercúrio contido em 2 cilindros de aço inoxidável. O líquido percolante vai actuar sobre a amostra contida num porta-provete em aço inoxidável.

Características do aparelho.

1 — Sistema hidropneumático

Este sistema é contituído pelo acopulamento de um cilindro pneumático de 200 mm de diâmetro e de 450 mm de curso com um cilindro hidráulico de 40 mm diâmetro. Permite trasformar baixas pressões fornecidas por uma garrafa de ar comprimido em pressões elevadas até cerca de 270 kg cm^{-2} que se transmite ao líquido percolante por um sistema intermédio (fig. 1).

2 — Sistema intermédio

Este sistema é constituido por dois cilindros de aço inoxidável, comunicando entre si por um tubo flexível reforçado, dentro dos quais existem cerca de 10 kg de mercúrio que actuam como meio transmissor de energia quase isento de atrito e que permite transmitir ao líquido percolante as elevadas pressões conseguidas pelo sistema hidropneumático (fig. 1).

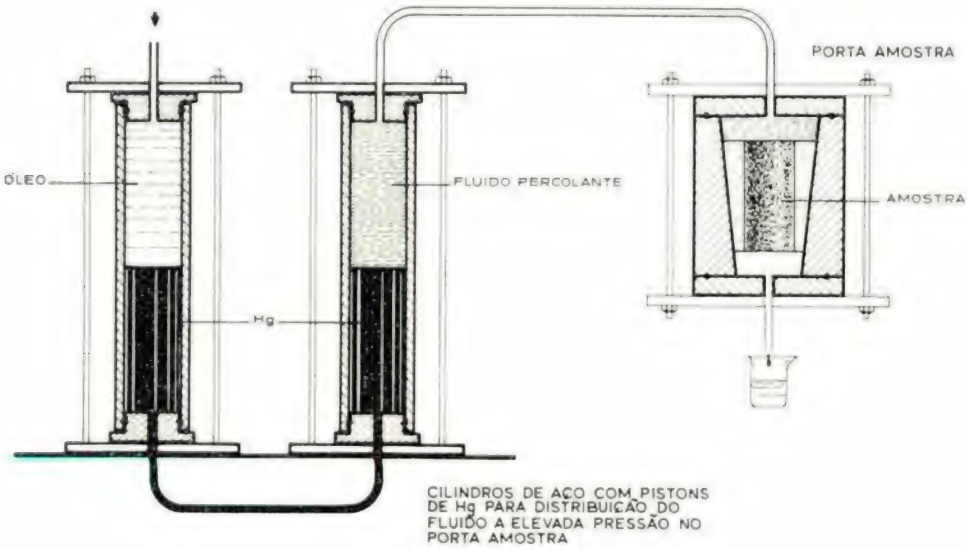


Fig. 2

QUADRO I

		1.° ciclo	2.° ciclo	3.° ciclo	4.° ciclo	5.° ciclo	6.° ciclo	Pressão Kg/cm²	Duração do Ensaio
— SIENITO — Cabo da Roca (S.ª Sintra)	Volumes Q (cm³)	22,0	28,3	22,2	22,4	25,3	21,7	100	6 h
	Permeabilidade k (mdy)	$2,53 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$ (*)	$2,56 \times 10^{-3}$	$2,58 \times 10^{-3}$	$2,91 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$		
— GRANITO — Serra de Sintra	Volumes Q (cm³)	13,5	17,2	15,5	14,8	15,3	9,24	200	100 h
	Permeabilidade k (mdy)	$4,7 \times 10^{-5}$	$6,0 \times 10^{-5}$	$5,4 \times 10^{-5}$	$5,2 \times 10^{-5}$	$5,4 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-5}$		
— GRANITO — Serra da Estrela	Volumes Q (cm³)	28,5	38,5	39,8	43,9	50,0	55,7	200	50 h
	Permeabilidade k (mdy)	$1,7 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-4}$		
— SIENITO NEFELÍNICO — Serra de Monchique	Volumes Q (cm³)	17,4	26,8	28,5	26,6	39,0	38,5	200	100 h
	Permeabilidade k (mdy)	$6,0 \times 10^{-5}$	$9,2 \times 10^{-5}$	$9,8 \times 10^{-5}$	$9,1 \times 10^{-5}$	$13,4 \times 10^{-5}$	$13,2 \times 10^{-5}$		
— DOLERITO — Castelo de Leiria	Volumes Q (cm³)	17,9	12,4	10,2	9,3	9,5	9,5	200	100 h
	Permeabilidade k (mdy)	$6,2 \times 10^{-5}$	$4,3 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$3,3 \times 10^{-5}$	$3,3 \times 10^{-5}$		

(*) Este ciclo durou 7,5 h.

3 — Sistema porta-amostra

Este sistema é constituído por uma peça em aço inoxidável com configuração interior tronco-cónica à qual se vão adaptar, superior e inferiormente, por meio de anéis vedantes *(oil rings)* duas bolachas em aço inoxidável que têm como função conduzir o líquido percolante através da amostra (fig. 2).

A amostra, devidamente envolvida numa resina, num molde conveniente, vai adaptar-se perfeitamente à superfície interna, tronco-cónica do porta-provete. Após inúmeras tentativas, usa-se, com êxito para a moldagem do provete a cola CONCRESIVE 100 1 L. P. L., fabricada pela Adhesive Engineering Co (San Carlos, Califórnia, U. S. A.).

4 — Sistema de controlo da pressão

Este sistema é constituído por dois manómetros, sendo um de precisão, permitindo regular, com rigor, a passagem de ar para o cilindro pneumático.

O dispositivo que acaba de ser descrito e que se mostra na fig. 1 é de construção relativamente simples, não possuindo orgãos móveis, sendo um aparelho silencioso e robusto.

O líquido percolante que atravessa a rocha é colectado por um pequeno frasco de plástico que se ajusta perfeitamente ao tubo de saída do porta-provete.

Estas percolações são bastante lentas, na generalidade das rochas, sendo necessários largos lapsos de tempo para que se consigam coligir quantidades de líquido que permitam a elaboração dos ensaios físicos e químicos convenientes.

IV — RESULTADOS OBTIDOS

No quadro I figuram os volumes dos líquidos perlantes obtidos em 6 ciclos, bem como as pressões a que foram submetidos os fluidos percolantes e a duração dos ensaios.

Consoante o tipo de rocha (sua permeabilidade), assim a pressão de percolação e a duração dos ciclos. Estes, para cada tipo de rocha, foram de igual duração.

No Quadro II figuram os valores dos catiões K^+ e Na^+ contidos nos volumes percolantes, bem como as permeabilidades à água (k).

Com os elementos do Quadro I e II elaboraram-se as figs. 3, 4 e 5. A análise, quer dos valores dos Quadros I e II, quer das figs. 3, 4 e 5, permite tirar algumas conclusões sobre a reactividade das rochas estudadas em relação à água circulante.

QUADRO II

ROCHA	CATIÕES PERCOLADOS											
	K^+ (mg)						Na^+ (mg)					
	1.º cic.	2.º cic.	3. cic.	4.º cic.	5.º cic.	6.º cic	1.º cic.	2.º cic.	3. cic.	4.º cic.	5.º cic.	6.º cic
— SIENITO — Cabo da Roca (S.ª Sintra)	0,077	0,057	0,071	0,034	0,046	0,030	0,22	0,23	0,18	0,19	0,14	0,11
— GRANITO — Serra de Sintra	0,100	0,028	0,023	0,025	0,022	0,017	0,71	0,33	0,26	0,22	0,20	0,11
— GRANITO — Serra da Estrela	0,140	0,110	0,087	0,098	0,084	0,074	0,29	0,23	0,17	0,17	0,16	0,14
— SIENITO NEFELÍNICO — Serra de Monchique	0,087	0,039	0,028	0,022	0,042	0,031	2,33	1,41	1,03	0,64	0,90	0,77
— DOLERITO — Castelo de Leiria	0,250	0,150	0,093	0,090	0,078	0,067	0,96	0,52	0,30	0,26	0,19	0,14

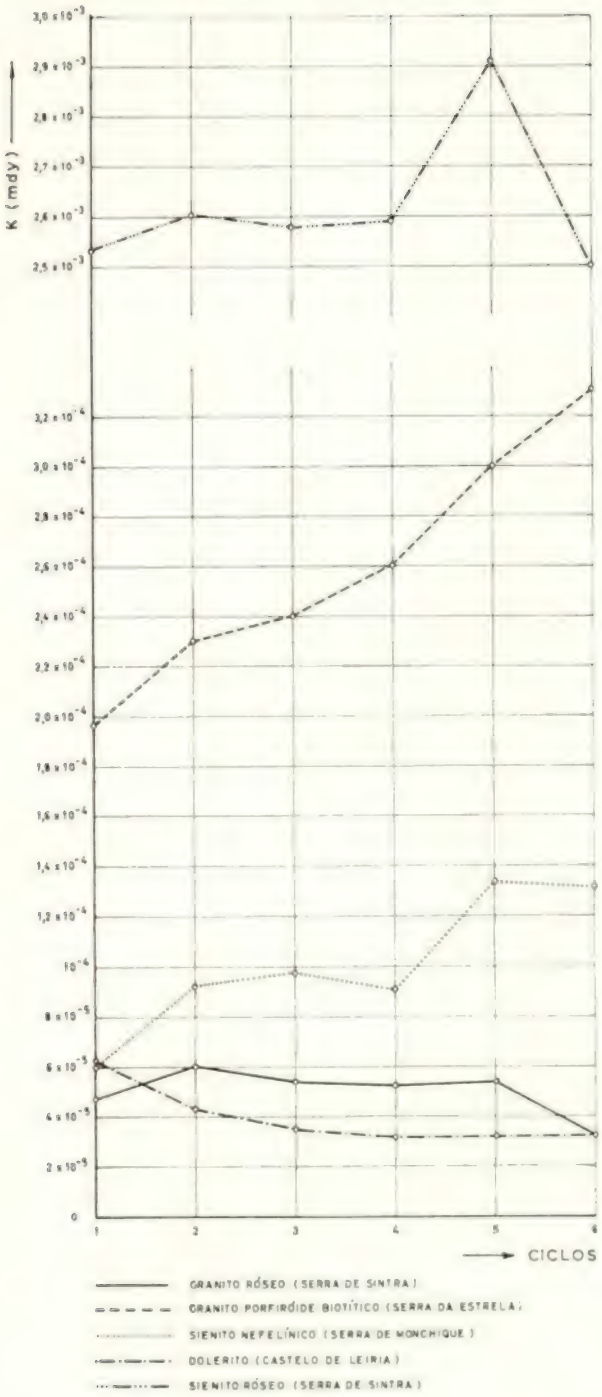


Fig. 3

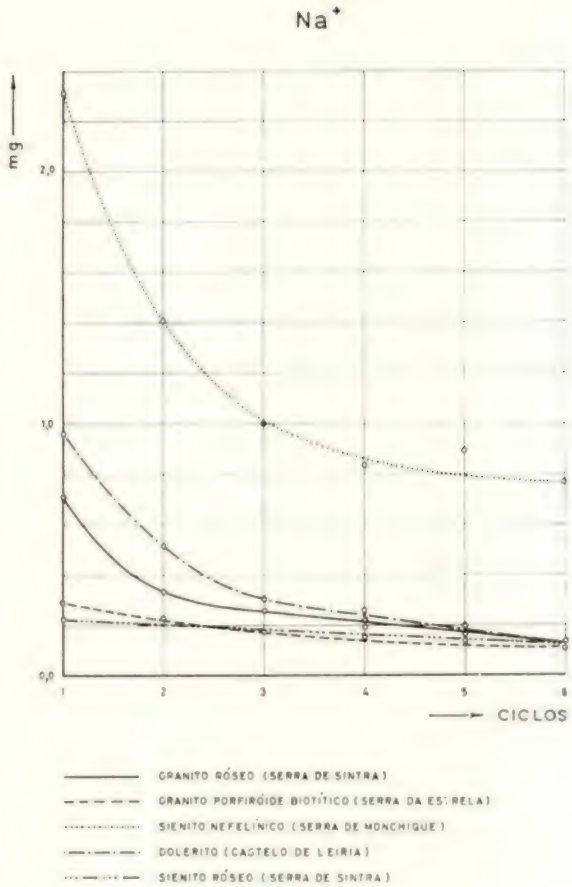


Fig 4

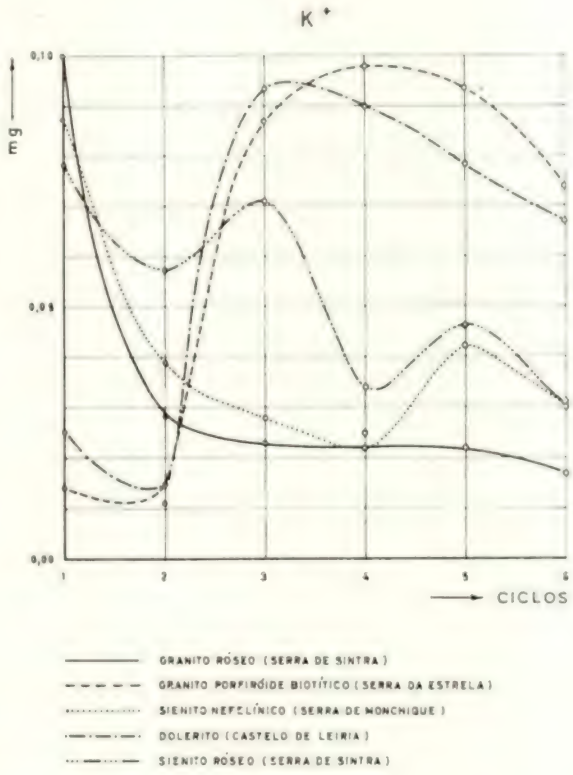


Fig. 5

Assim:

a) Granito porfiróide biotítico (Serra da Estrela)

Trata-se duma rocha alcalina, rica de feldspatos potássicos e sodo-cálcicos, com quartzo e biotite. É uma rocha fortemente inequigranular, com um valor médio de permeabilidade ao ar de 5,5 mdy (valores de 1,3 a 8,2

mdy). Os valores da porosidade vão de 0,90% a 1,37% com um valor médio de 1,10% (Quadro III).

Sendo uma rocha com permeabilidade ao ar elevada, os ciclos de percolação tiveram apenas a duração de 50 horas. Da fig. 3 tira-se que $\frac{dk}{dt} \gg 0$.

Quanto à evolução do teor dos catiões K^+ e Na^+, a partir da percolação de uma rocha fortemente sodo-potássica, verifica-se que $\frac{dq\ Na^+}{dt} < 0$ e que inicialmente $\frac{dq\ K^+}{dt} > 0$ e depois $\frac{dq\ K^+}{dt} < 0$.

É, portanto, diferente o comportamento do Na^+ e K^+.

Quanto ao Na^+, tudo indica que, dada a reactividade nula da rocha, a pouca quantidade removida provém de ligeira porção presente nas descontinuidades que se alargaram por remoção do sódio.

Quanto ao K^+, proveniente não só dos feldspatos, como o Na^+, mas também da biotite, assiste-se a uma dificuldade de saída nos dois primeiros ciclos a que se segue abundante lixiviação que diminui acentuadamente nos últimos ciclos. Este facto pode explicar-se pela libertação do K^+ da biotite mais ou menos cloritizada. À dificuldade inicial na sua migração, segue-se saída abundante da porção correspondente à mica mais alterada. Depois esgota-se o K^+ capaz de migrar e há queda do seu conteúdo nas tomas dos últimos ciclos. De qualquer modo o granito, depois de fornecer os catiões intersticiais das redes dos silicatos constituintes mais alterados, cessa ou diminui grandemente a sua exportação.

Verifica-se que, quanto à biotite, mineral que pela estrutura e alteração está mais apto a libertar os K^+ intersticiais, se assiste ao esgotamento do potássio correspondente à mica cloritizada. A percolação forçada promove, de início a remoção do K^+, portanto acelera a reactividade que, nos últimos ciclos decresce acentuadamente.

b) *Granito róseo* (Serra de Sintra)

É uma rocha granular grosseira, rósea, alcalina, com porosidade média de 1,08% e permeabilidade média ao ar de 1,14 mdy.

Para este tipo de granito verifica-se que de início $\frac{dk}{dt} > 0$, nos ciclos intermédios $\frac{dk}{dt} \simeq 0$ e no ciclo final assiste-se a $\frac{dk}{dt} < 0$.

Quanto ao débito de catiões tem-se sempre $\frac{dq\ (Na^+, K^+)}{dt} < 0$.

Estes factos conduzem-nos a admitir que, de início se deu simples alargamento de descontinuidades por lavagem de induto que preenchia descontinuidades na rocha. Nos ciclos intermédios assistiu-se a uma circulação de água com reactividade débil a nula. No entanto no último ciclo desenha-se acentuada reactividade da rocha com colmatação das microdescontinuidades.

c) — *Sienito nefelínico* (Serra de Monchique)

É uma rocha granular grosseira, alcalina com valores médios de porosidade e de permeabilidade ao ar, respectivamente, de 1,37% e de 5,03 mdy.

Quanto à permeabilidade, de modo geral assiste-se a um aumento com o tempo ($\frac{dk}{dt} > 0$). No entanto a a análise em pormenor mostra que há, de início, $\frac{dk}{dt} > 0$, para se seguir curto decréscimo ($\frac{dk}{dt} < 0$), tornando-se a operar acentuado aumento da permeabilidade ($\frac{dk}{dt} > 0$). O ensaio termina com um patamar correspondente a $\frac{dk}{dt} \simeq 0$.

Em relação à lixiviação catiónica, pelo que diz respeito ao Na^+, tem-se $\frac{dq\ Na^+}{dt} < 0$ e tendência final para $\frac{dq\ Na^+}{dt} \simeq 0$.

Quanto ao sódio verifica-se que a reactividade é nula a débil, havendo lavagem inicial dos produtos de alteração dos minerais sódicos vulgares na rocha (nefelina, aegirina e mesmo feldspatos).

Quanto ao potássio, assiste-se, nos quatro primeiros ciclos a um decréscimo da lixiviação ($\frac{dq\ K^+}{dt} < 0$), mas no quinto ciclo há aumento de remoção de K^+ seguida de decréscimo. É também nos dois últimos ciclos que se assiste ao aumento de permeabilidade e a formação do patamar final da curva (K, t).

Deve admitir-se que a lixiviação de potássio segue, em linhas gerais a evolução da remoção do sódio. No entanto no quinto ciclo um fenómeno físico-químico de cedência origina $\frac{dq\ K^+}{dt} > 0$ momentâneo, pois no ciclo seguinte já se verifica novo decréscimo na lixiviação. Este fenómeno deve estar ligado ao comportamento dos feldspatos potássicos já que o sódio não acusa variação concomitante.

Este sienito nefelínico é uma rocha alcalina, subsaturada, rica de sódio, em que o potássio provém, fundamentalmente da ortose bem presente na rocha.

d) — *Dolerito* (Castelo de Leiria)

A rocha em questão é de grão médio a fino, calco-sódica, sem quartzo, com alguns minerais ferromagnesianos.

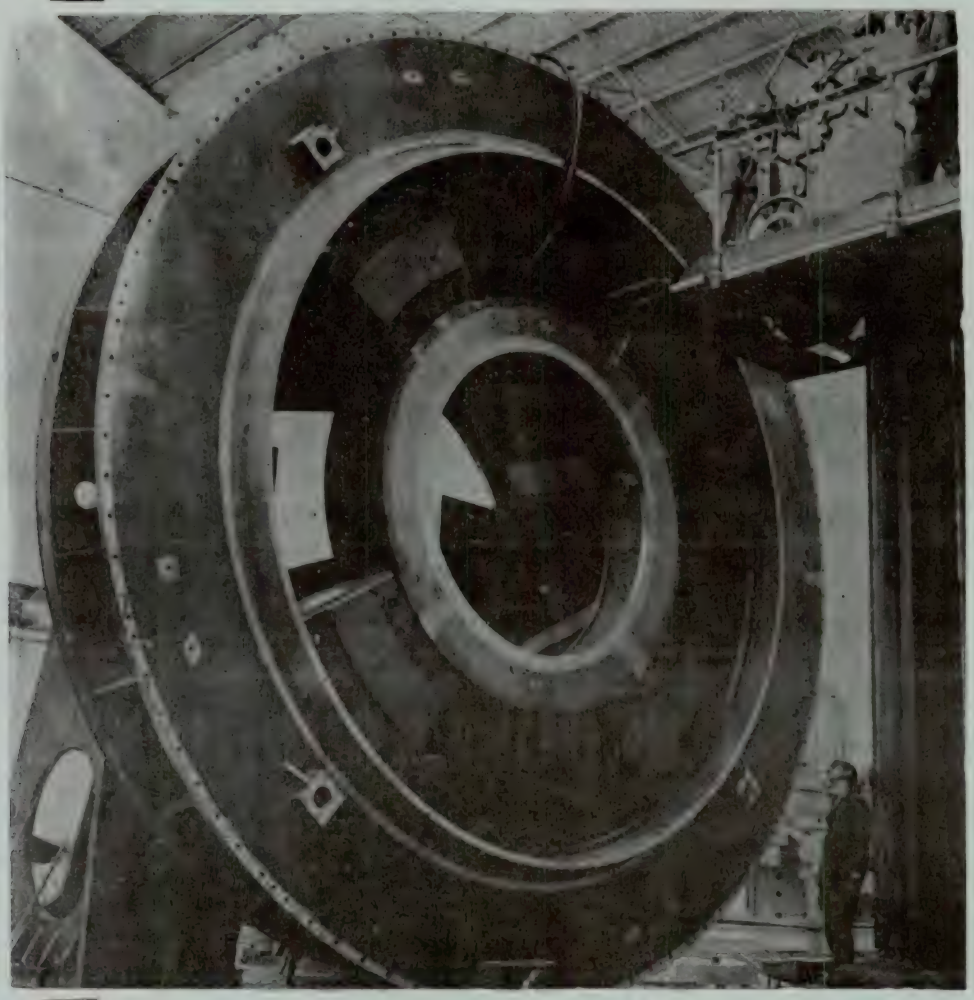
A porosidade média desta rocha é de 2,53% a permeabilidade média ao ar é de 0,23 mdy.

A permeabilidade forçada à água, neste dolerito tem $\frac{dk}{dt} < 0$, de início, para depois se ter $\frac{dk}{dt} \simeq 0$.

A evolução da permeabilidade à água denuncia um esboço de reactividade inicial que se apaga com a continuação do processo.

Se analisarmos a curva de variação do Na^+, tem-se $\frac{dq\ Na^+}{dt} < 0$. Daqui se pode concluir que a reactividade

MAGUE

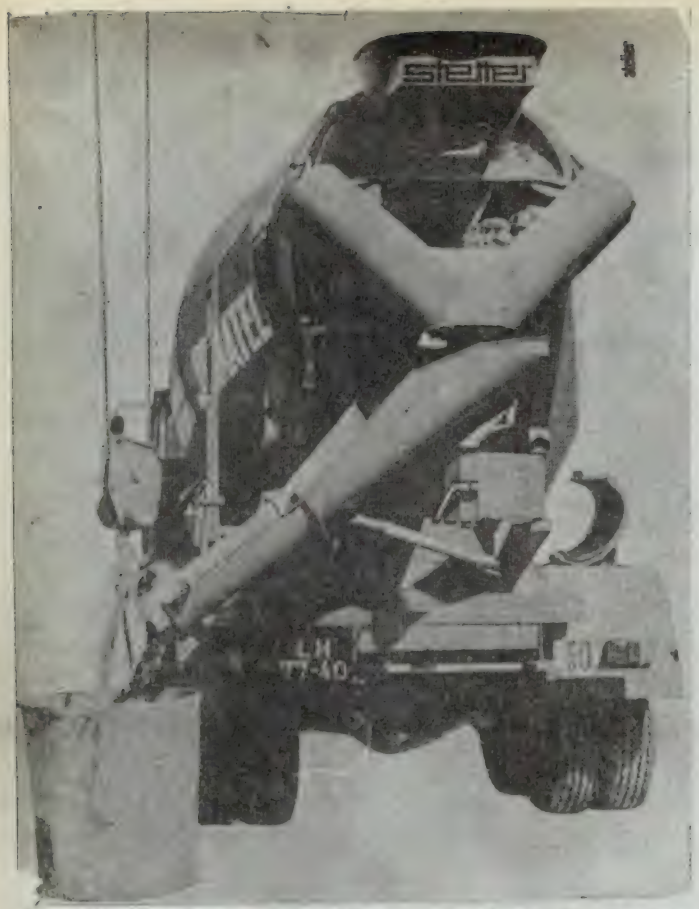


Maquinagem do manto de uma das três turbinas "Kaplan" de eixo vertical de 95.000 CV para a Central de Carrapatelo. (Em colaboração com KMW-NOHAB).

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L.

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL



A utilização de betão pronto impôs-se
ao dono da obra,
ao técnico responsável
e ao empreiteiro
porque garante qualidade,
rapidez e economia
em relação
a um betão fabricado em estaleiro.

Consulte-nos.

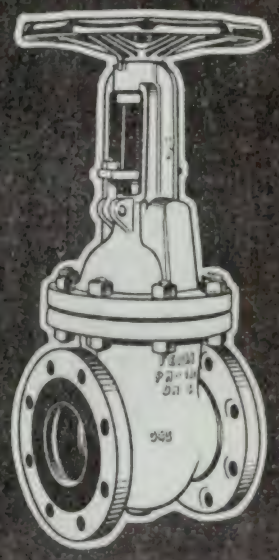
Os nossos serviços técnicos
e comerciais
terão o maior prazer em prestar
todo o apoio
e colaboração
que nos forem solicitados.

UMA NOVA MARCA
DE BETÃO PRONTO

JOMATEL

S.P. SUIÇO-PORTUGUÊS: 286/439/AR

VÁLVULAS
de cunha,
retenção, regulação
e passagem



Segundo normas DIN e ASA,
para líquidos, vapores e gases
(incluindo Cl, NH_3 e SO_2).
Execução em ferro fundido, aço
vazado, aço inoxidável
e ligas especiais.
Diâmetros nominais de 10 a 600mm.
Pressões nominais de 4 a 40 kg./cm².

ESTUDOS • PROJECTOS
ORÇAMENTOS
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

SOCIEDADE PORTUGUESA
DE VÁLVULAS, L.DA

Rua da Academia das Ciências, n.º 5,
Lisboa-2 – Telefone P.P.C.A. 320011.

esboçada origina colmatação das vias de lixiviação. No entanto, a análise da variação do K^+ não permite explicação tão simples. Com efeito, a um ligeiro decréscimo inicial na remoção do K^+, segue-se um aumento acentuado na sua lixiviação, para de novo diminuir. Pela fig. 5 se vê que, para a evolução do K^+, o granito da Serra da Estrela e este dolerito tem comportamento afins.

No dolerito não ocorre a biotite mais ou menos cloritizada que tornámos responsável pelo abrupto aumento do K^+ lixiviado. Só uma cedência química por reactividade sem deposição e colmatação (dado que $\frac{dk}{dt} \simeq 0$) pode explicar este caso.

Desde já devemos ter em conta que o K^+ se mostra muito mais sensível à reactividade rocha-água do que o Na^+. Na rocha seguinte — sienito róseo — veremos que esta sensibilidade do K^+ se torna ainda mais evidente.

e) *Sienito róseo* (Cabo da Roca)

Trata-se de uma rocha alcalina, de grão médio, pràticamente constituída por feldspato sodo-potássico e com incipiente quantidade de quartzo. É, pràticamente, desprovida de minerais ferro-magnesianos. É uma rocha com vacúolos, com os minerais de tendência média, deixando espaços entre si. Efectivamente a porosidade atinge valores de 3,6 a 4,0% e permeabilidade ao ar de 15 a 30 mdy.

Devido a estes valores, os ciclos de percolação forçada foram bastante curtos, — 6 horas —, tendo-se obtido, nestes lapsos de tempo, volumes de percolado da ordem de grandeza dos das rochas estudadas, salvo para o dolerito.

Quanto à permeabilidade à água tem-se $\frac{dk}{dt} \simeq 0$, com um pico anómalo no 5.° ciclo. Acresce que para o Na^+ se verifica $\frac{dqNa}{dt} \simeq 0$. Daqui concluiríamos que a rocha, bastante porosa e permeável, permite o fluxo do líquido sem haver reactividade relevante, apenas com remoção de material pré-existente no 5.° ciclo mercê de cedência localizada.

No entanto, quando se analisa o comportamento da lixiviação do K^+, assiste-se a uma evolução cíclica, diríamos sinusoidal amortecida da remoção deste catião. Com efeito (Fig. 5), temos aumento e diminuição alternados da exportação do potássico, embora o andamento sinusoidal da curva que traduz este acarreio, tenda para uma diminuição global do potássico removido.

Será de admitir que a rocha tem uma reacção pulsátil à lixiviação forçada da água, quanto ao K^+, e que, em globo se tende para um esgotamento da saída deste catião, proveniente dos feldspatos com indícios de caulinização. Dado que a rocha é predominantemente feldspática, o potássio mostrou-se melhor indicador das vicissitudes porque a rocha está passando ao longo do processo de percolação forçada.

As amostras estudadas representam cinco tipos de rochas relativamente comuns no nosso País. Outras serão oportunamente ensaiadas. Acresce que as rochas ensaiadas são bastante sãs, representando tipos de rochas colligidas em pedreiras recentes, desprovidas de alteração patente em exame macroscópico e mesmo incipiente em observação microscópica.

São rochas que manifestam, em globo, fraca ou nula reactividade com a água, não só devido ao fraco grau de transformação meteórica dos minerais constituintes, como ainda aos baixos valores da porosidade e permeabilidade ao ar. Mesmo em relação ao sienito do Cabo da Roca, verifica-se que é uma rocha bastante porosa, mas constituída quase só por feldspatos alcalinos, minerais já de si dos menos reactivos de entre os minerais petrográficos das séries de Goldich.

De qualquer modo o sistema de percolação forçada posto em funcionamento, conjugado com as determinações de porosidade e permeabilidade ao ar é susceptível de fornecer informação válida para a caracterização das rochas ensaiadas quanto à sua alterabilidade.

ANEXO

No Quadro III referem-se os valores das porosidades e permeabilidades ao ar das rochas ensaiadas.

As determinações de porosidade e permeabilidade de rochas são hoje comuns em vários tipos de laboratórios. No entanto, a sua determinação levanta, por vezes, problemas delicados, ligados à construção da aparelhagem usada e às características do material ensaiado. Neste momento é vulgar aparecerem, nas revistas da especialidade, novos porosímetros e permeâmetros ou correcções e refinamentos a dispositivos já conhecidos. Achamos, pois de interesse que, em anexo ao estudo apresentado, figurem estas notas sucintas sobre o porosímetro e o permeâmetro em uso neste Laboratório, construídos com base em elementos da literatura, e beneficiando de tentativas anteriores de pôr em funcionamento aparelhos congéneres levadas a efeito no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, onde também se procura realizar estudos de alterabilidade de rochas (ROCHA, 1971).

QUADRO III

ROCHA	Porosidade (%)	Permeabilidade ao ar (mdy)
Granito porfiróide biotítico (Serra da Estrela)	1,10	5,50
Granito róseo (Serra de Sintra)	1,08	1,14
Sienito róseo (Cabo da Roca)	3,85	24,90
Sienito nefelínico (Serra de Monchique)	1,37	5,03
Dolerito (Castelo de Leiria)	2,53	0,23

I — POROSIDADE

A porosidade de uma rocha consiste na razão entre o volume de vazios (Vp) e o volume aparente de uma amostra representativa da rocha, ou seja o seu volume total (Vt).

Na porosidade devem distinguir-se duas parcelas, uma, a *porosidade aberta*, que se refere aos vazios intercomunicantes; outra a *porosidade fechada*, que dá conta dos vazios fechados, isolados, não comunicando entre si.

No estudo da alterabilidade de rochas, apenas a porosidade aberta tem importância de relevo, pois se refere aos vazios que facilitam a circulação dos fluídos (ar e água).

Podemos seguir um de dois métodos gerais para a avaliação da *porosidade aberta:*

a) *Método micropetrográfico:* neste método, após conveniente impregnação da rocha por produto corado com grande poder penetrante, faz-se a análise modal micropetrográfica contabilizando todas as microdescontinuidades.

b) *Método do porosímetro ao ar:* neste método, emprega-se um porosímetro (vulgarmente de mercúrio) avaliando-se o volume de ar retido pela amostra. Aqui obtem-se a porosidade aberta fazendo o cociente entre o volume de ar extraído da amostra e o seu volume aparente.

A porosidade absoluta, soma da porosidade aberta mais a fechada pode avaliar-se determinando os pesos específicos do pó e da amostra de rocha.

O porosímetro que usámos é uma versão modificada do aparelho usado por THENOZ (1966) e cujo princípio se deve a VELLINGER (1945).

Em linhas gerais, o aparelho consta de um corpo tubular em forma de U, com um ramo bastante maior do que outro e terminado por uma torneira (Fig. 6). A outra extremidade está ligada a um vaso aberto, cilíndrico, tendo na parte superior uma aba esmerilada. Sobre esta aba do vaso aberto, adapta-se, por meio de uma aba esmerilada, um campânula solidária a um tubo de vidro de diâmetro rigorosamente conhecido e que termina, também por uma torneira. No corpo em U, na zona de curvatura e inferiormente, insere-se um pequeno tubo de vidro a que se ajusta um tubo flexível de cerca de 1 m de comprimento que assegura a ligação ao recipiente de mercúrio.

Este aparelho em vidro foi construído manualmente daí advindo dificuldades de certa envergadura aquando da sua instalação em funcionamento. As principais deficiências devem-se ao excesso de soldaduras com os estrangulamentos inerentes, ao acabamento imperfeito do vaso porta-amostra e mais agudamente à dificuldade em conseguir uniformidade e perfeição de abobadados nas campânulas.

As modificações introduzidas no prototipo francês e que permitem que o aparelho funcione rápida e eficientemente consistiram em:

1.º Modificar o ramo esquerdo do corpo em U, deixando a campânula de ser solidária com o tubo de vidro de diâmetro rigorosamente conhecido. Assim se construiu uma só campânula, prèviamente estudada e, por meio de um sistema normalizado, adaptam-se-lhe cada um dos três tubos de leitura. Este sistema tem a vantagem de permitir substituir, com facilidade e rapidez, um tubo de leitura por outro, sempre que se verifique que a capacidade do tubo instalado não é a conveniente.

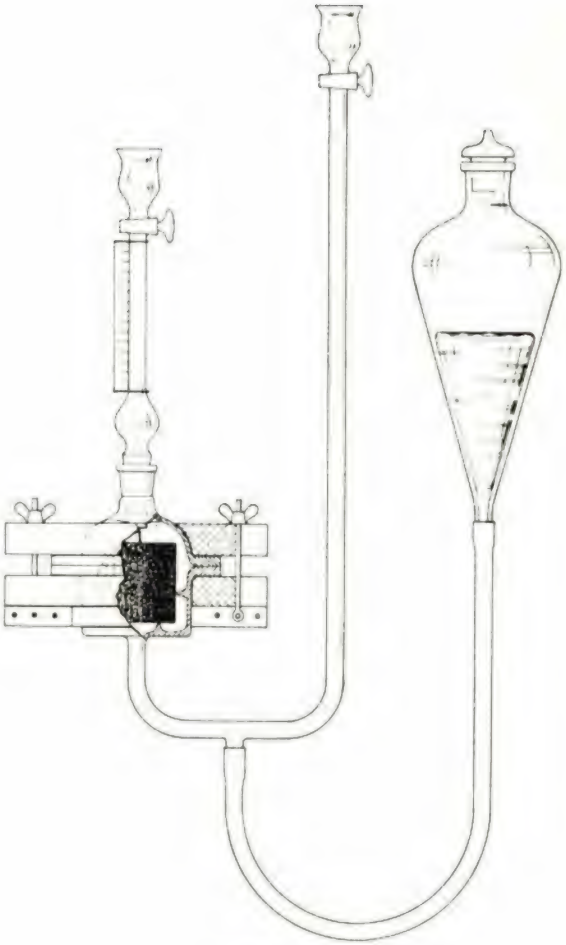


Fig. 6

2.º Verificou-se dificuldades na vedação do sistema porta-provete pelo que houve que dimensionar as abas esmeriladas a fim de se poder adaptar convenientemente o sistema de aperto construído em perspex e apertado por meio de parafusos. As dificuldades na vedação do sistema porta-provete, onde se cria o vácuo, chegam a ser muito difíceis com o dimensionamento do prototipo.

3.º Suprimiu-se a torneira localizada na parte inferior do corpo em U, que provocava um estrangulamento criando problemas de vedação, obrigando ao uso excessivo de silicone com o concomitante inconveniente de engordurar o mercúrio.

4.º Em substituição desta torneira, cuja função era facilitar as leituras da coluna de ar expelido pelo provete, impedindo o curso do mercúrio do reservatório para o tubo em U, materializaram-se duas posições

fixas por meio de suportes para o reservatório de mercúrio. Um dos suportes está localizado em posição tal que, quando as duas torneiras estão abertas, o sistema de vasos comunicantes permite manter o nível do mercúrio dentro do sistema porta-amostra abaixo da amostra, deixando-a, portanto, em contacto com o ar; o outro suporte está colocado inferiormente e numa posição tal que quando se está a fazer o vazio, o mercúrio desça até uma posição (sempre a mesma) em que a amostra fica completamente a descoberto, podendo, assim, libertar-se o ar da amostra.

A apresentação pormenorizada das modificações simples, num aparelho aparentemente singelo, só se explica pelo desejo de que as dificuldades em tornar este dispositivo operacional e que sentimos, não venham a ser sentidos com tanta intensidade por outrém a quem este assunto interessar a ponto de querer construir aparelhos congéneres.

As amostras a estudar são provetes cilíndricos com 44 mm de diâmetro e 35 mm de altura, obtidos de um bloco de rocha por meio de uma broca diamantada. Tem de haver o cuidado de rectificar os topos do provete cilíndrico, procurando obter um provete geomètricamente perfeito cujo volume total se determina por cálculo.

Outro cuidado a ter, consiste na disposição do cilindro de rocha no porta-amostra de modo a evitar a criação de «almofadas de ar» que falseiam os resultados. Não nos deteremos nos pormenores por vezes astuciosos de que nos tivémos de servir de modo a obter resultados significativos.

Não nos deteremos, também, no modo de funcionamento deste aparelho pois que é quase intuitivo.

Sendo Vp o volume do ar expulso pelo provete e lido no ramo esquerdo do tubo em U (tubo devidamente escolhido e graduado e Vt o volume do provete cilíndrico determinado por cálculo, a porosidade (n) será em %:

$$n = \frac{Vp}{Vt} \times 100\ (\%)$$

II — PERMEABILIDADE

A permeabilidade de uma rocha é a propriedade de transmitir fluidos (líquidos ou gases) através da rocha quando esta está sujeita a um gradiente de pressão. Circunscrevendo-nos à permeabilidade ao ar, esta propriedade será a maior ou menor facilidade com que a rocha se deixa atravessar pelo ar.

A permeabilidade será função das propriedades da rocha, em particular da quantidade de microdescontinuidades e, muito especialmente, do modo como se distribuem na rocha e das propriedades do fluido percolante (o ar no caso que nos interessa).

Tenhamos em atenção que rochas com a mesma porosidade podem ostentar permeabilidades diferentes, uma vez que o volume das descontinuidades se pode distribuir de variados modos.

Para a determinação da permeabilidade ao ar usa-se um aparelho constituído por um tubo de vidro, de secção constante, com uma derivação lateral disposta próximo da extremidade superior e munida de uma torneira (fig. 7). A parte superior do tubo de vidro é normalizada e permite a ligação a um porta-amostra constituído por uma base em perspex.

Sob o provete fica uma pequena câmara de ar cuja largura é sensìvelmente igual à do provete.

O provete é mantido apertado contra a base de perspex por meio de um parafuso centrado numa peça que, por meio de uma rosca, fica solidária com a base de perspex. A vedação entre a base do provete e a base de perspex é assegurada por plasticina. Entre o provete e a parte lateral da peça em perspex deita-se mercúrio até atingir o nível superior da amostra, a fim de se garantir uma vedação lateral ao ar.

Este permeâmetro de carga variável, permite que, através do tubo de vidro, seja aspirada, de uma tina, certa coluna de mercúrio. Para isso liga-se uma bomba de vácuo à torneira de derivação que se encontra na parte superior do tubo de vidro. Abrindo lentamente a torneira, o mercúrio aspirado da tina vai subindo na coluna até atingir determinada altura h. Esta altura é função do grau de vazio atingido e corresponde à pressão que, traduzida em mm de mercúrio, é igual à altura da coluna de mercúrio em relação ao nível do mercúrio na tina acrescido do valor correspondente à depressão capilar. Esta pressão que é inferior à pressão atmosférica local instalada sobre a parte superior da amostra provoca, no interior do tubo, uma variação de pressão que faz com que o ar exterior penetre através da amostra e vá empurrar a coluna de mercúrio existente no tubo de vidro, fazendo-a descer. Esta variação da coluna de mercúrio ao longo do tempo é função da permeabilidade da rocha.

Afim de se evitarem os erros de leitura dos tempos cometidos pelo operador e tornar o aparelho autónomo, criou-se um sistema automático de temporização que permite obter leituras de tempos mais reprodutíveis e liberta um operador que teria a seu cargo o trabalho incómodo e monótono de cronometrista.

Esse sistema cujo aspecto geral está representado na Fig. 7 consta essencialmente de duas unidades foto-sensitivas (foto-diodos), duas fontes luminosas que irão actuar sobre cada uma das unidades fotossensíveis, um sistema de amplificação para cada uma das medidas fotossensíveis que permite transformar o seu pequeno sinal eléctrico num impulso que comanda um relé e através do qual vai permitir accionar um motor síncrono no qual está acoplado um conta-rotações. Como o motor síncrono anda à velocidade de uma rotação por segundo, a leitura digital apresentada no conta-rotações dá o tempo total em segundos referente a cada ensaio. Cada fonte luminosa (lâmpada Philips de 2,2v tipo lente) está montada numa peça de ebonite a qual é furada a meio a fim de se poder adaptar ao tubo em L do permeâmetro. Nesta mesma peça e adaptada no lado oposto e em frente da fonte luminosa, está a unidade fotossensível. As duas peças de ebonite, que servem de suporte à fonte luminosa, e ao fotodiodo, ocupam posições bem determinadas ao longo do tubo do permeâmetro de acordo com o grau de permeabilidade da amostra. Uma das

peças ocupa uma posição superior e a outra uma posição inferior.

Para se obter uma leitura de permeabilidade faz-se o vácuo dentro do tubo do permeâmetro, o qual provoca a ascensão do mercúrio dentro do tubo até elevá-lo a

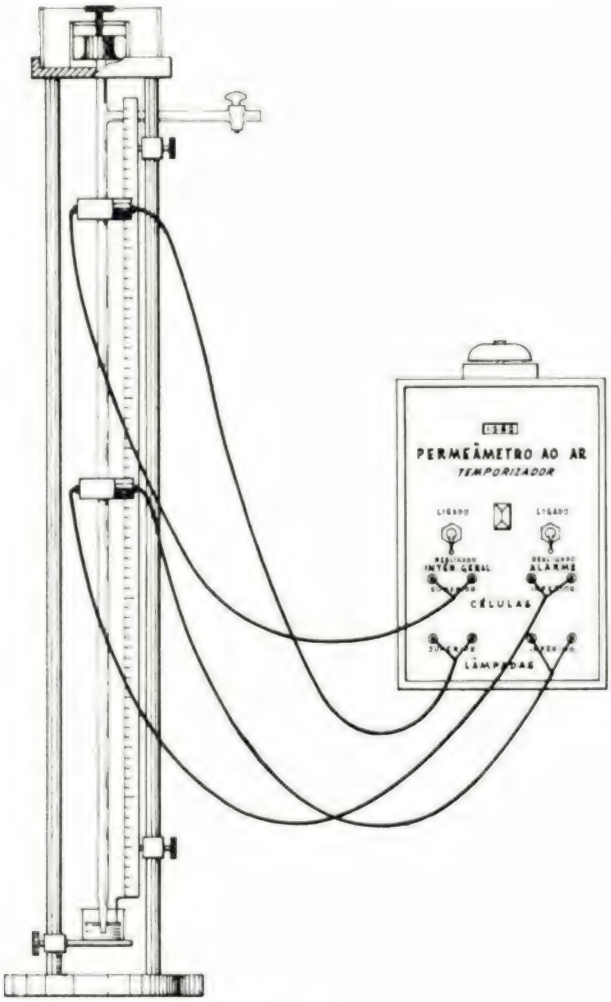


Fig. 7

uma altura que traduz o equilíbrio entre a pressão atmosférica que actua na base superior do provete e a depressão própria da bomba de vácuo utilizada.

Ao fechar-se a torneira do permeâmetro cessa o equilíbrio que se verificava e, então, vai actuar na base inferior do provete uma depressão variável ao longo do tempo e que faz com que o ar atravesse o provete no sentido do comprimento e vá empurrar a coluna de mercúrio com uma determinada velocidade que, para certas condições de pressão e temperatura, é função da permeabilidade da amostra em estudo.

É esta velocidade da coluna de mercúrio que é medida automàticamente e do modo que a seguir se descreve.

Quando a coluna de mercúrio passa no ponto em que está localizada a unidade fotossensível superior, esta capta o sinal luminoso que entretanto deixou de ser interceptado pela coluna de mercúrio. Nesse instante o sinal eléctrico do fotodíodo é amplificado e vai actuar um relé que por sua vez põe em marcha o motor síncrono atrás referido que vai actuar um conta-rotações. Este marcará o tempo que leva a coluna de mercúrio a atingir o ponto inferior onde está localizada a unidade fotossensível inferior a qual, por um sistema idêntico, vai agora actuar em sentido contrário fazendo com que o relé deixe de actuar e consequentemente parar o conta-rotações. A leitura nele inscrita dá o valor do tempo em segundos que a coluna de mercúrio levou a passar do ponto superior ao ponto inferior, materializados pelas peças de ebonite que se adaptam ao tubo do permeâmetro. Quando o ensaio é mais demorado, e para evitar que uma vez terminada a leitura dos tempos o aparelho fique ligado, o sistema de temporização automático dispõe de um alarme que chama a atenção para o facto do aparelho dever ser desligado.

Vejamos de modo sucinto a teoria do aparelho esquematizado na Fig. 7.

Simbologia:

- S — secção do provete de rocha (cm^2)
- l — comprimento do provete (cm)
- γ — viscosidade do ar (poise)
- T — temperatura ambiente (° K)
- H — pressão atmosférica local (cm Hg)
- P — pressão que se verifica no instante t_0 na face inferior do provete (barias)
- Pa — pressão atmosférica que se verifica no instante t_0 na face superior do provete (barias)
- m — massa de ar existente entre a base do provete e o menisco de mercúrio num instante qualquer (g)
- V — volume ocupado por essa massa de ar (cm^3)
- v — volume específico do ar à pressão P (cm^3/g)
- Vo — volume específico do ar à pressão Pa (cm^3/g)
- M — massa molecular do ar
- ρ — peso específico do mercúrio (g/cm^3)
- g — aceleração da gravidade (cm/seg^2)
- R — constante dos gases perfeitos ($R = 8{,}3136 \times / 10^7$ erg/° k mole)
- a — massa específica do ar à pressão P (g/cm^3)
- a_0 — massa específica do ar à pressão atmosférica (g/cm^3)
- σ — secção do tubo capilar (cm^2)
- q — débito volumétrico à pressão P (cm^3/seg)
- q_0 — débito volumétrico à pressão atmosférica (cm^3/seg)
- t — tempo em (s)

Num instante t_0, a coluna de mercúrio ocupa a altura h_0, sendo Vo o volume de ar existente entre a face inferior do provete e o menisco de mercúrio.

Num instante qualquer o volume de ar existente sob a face inferior do provete é:

$$V = Vo + (ho - h) \qquad (1)$$

A massa de ar m será:

$$m = \frac{V}{v} \qquad (2)$$

Sabemos que: $v = \frac{R}{M} \cdot \frac{T}{P}$ (3)

Tomando os valores de V e v dados, respectivamente, pelas expressões (1) e (3), virá para m:

$$m = \frac{M}{RT} \left[V_o + (h_o - h)\,\sigma \right] P \qquad (4)$$

A pressão P exercida na base da amostra, num determinado instante, é igual à diferença entre a pressão atmosférica e a pressão correspondente à altura h da coluna de mercúrio nesse instante, ou seja:

$$P = (H - h)\,\rho\, g \qquad (5)$$

Durante o tempo dt, a massa de ar m aumenta de dm e o volume ocupado por m modifica-se, pois tanto m como P variam.

De (2) tem-se

$$dV = mdv + vdm \qquad (6)$$

De (3) e (4) obtem-se

$$mdv = \frac{V_o + (h_o - h)\,\sigma}{H - h}\, dh \qquad (7)$$

Para calcular vdm recorre-se à equação de d'Arcy. Seja o provete de rocha de secção S e comprimento l (Fig. 8). Considere-se uma fatia da amostra dx situada à distância x da face superior da amostra e à pressão média p.

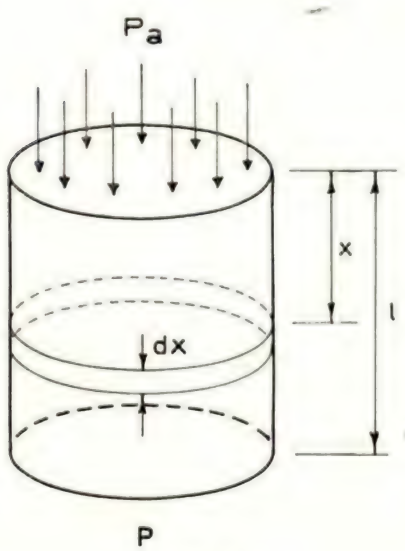


Fig. 8

Segundo a equação de d'Arcy, o valor do débito volumétrico q (cm^3/seg) através da amostra é:

$$q = -\frac{Sk}{\eta} \cdot \frac{dp}{dx}$$

Em escoamento permanente, o débito mássico q' em g/seg, através de toda a porção da amostra é o mesmo, em qualquer instante, assim:

$$q' = -\frac{1}{v}\,\frac{Sk}{\eta} \cdot \frac{dp}{dx} = \text{const} = \frac{1}{v_o}\, q_o \qquad (8)$$

mas

$$Pa\, v_o = Pv$$

donde:

$$q_o\, \frac{Pa}{P} = -\frac{Sk}{\eta}\, \frac{dp}{dx} \qquad (9)$$

integrando entre Pa e P, tem-se:

$$q_o = \frac{Sk}{2\,\eta\, l} \cdot \frac{Pa^2 - P^2}{Pa} \qquad (10)$$

Da combinação das equações (9) e (10) obtem-se:

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{Pa^2 - P^2}{2\, l\, P}$$

Por definição $q' = \frac{dm}{dt}$, então:

$$dm = -\frac{1}{v}\,\frac{Sk}{\eta} \cdot \frac{dp}{dx}\, dt = -\frac{1}{v}\,\frac{Sk}{\eta} \cdot \frac{Pa^2 - P^2}{2\, l\, P}$$

Substituindo na expressão anterior v e P, respectivamente, pelas expressões (3) e (5) e Pa por H teremos:

$$vdm = \frac{Sk}{2\,\eta\, l}\, \frac{[H^2 - (H - h)^2]\,\rho\, g}{(H - h)}\, dt \qquad (11)$$

Se, na equação (6), substituirmos dV, mdv, respectivamente, pelas expressões (1), (7) e (11), virá:

$$\frac{H - h + \frac{v_o}{\sigma} + (ho - h)}{h\,(2H - h)}\, dh = -\frac{Sk\,\rho\, g}{2\,\eta\, l\,\sigma}\, dt \qquad (12)$$

Fazendo, por conveniência de cálculo:

$$\frac{B}{h} + \frac{D}{2H - h} = \frac{H - h + \frac{v_o}{\sigma} + (ho - h)}{h\,(2H - h)}$$

Obtem-se:

$$B = \frac{1 + a}{2}$$

$$D = \frac{-(3 - a)}{2}$$

Com $$a = \frac{ho + \frac{v_o}{\sigma}}{H}$$

Então a equação (12) toma o seguinte aspecto:

$$\frac{1 + a}{h} dh + \frac{-(3 - a)}{2H - h} dh = \frac{Sk\rho g}{\eta l \sigma} dt \qquad (13)$$

Integrando entre o e t, h varia de ho a h e obtem-se:

$$(1 + a) \log_e \frac{ho}{h} + (3 - a) \log_e \frac{2H - ho}{2H - h} =$$

$$= \frac{Sk t \rho g}{\eta \sigma l}$$

Fazendo:

$$(1 + a) \log_e \frac{ho}{h} + (3 - a) \log_e \frac{2H - ho}{2H - h} = A$$

em que Á é a constante *adimensional* do aparelho tira-se para valor de k

$$k = \frac{A \sigma \eta l}{S \rho g t} \qquad (14)$$

Foi esta expressão a usada para o cálculo da permeabilidade ao ar dos provetes estudados.

Os valores de A, para várias situações de funcionamento, estão devidamente tabelados para o aparelho que se construiu neste Laboratório.

BIBLIOGRAFIA

AIRES - BARROS, L. (1970) — Note préliminaire sur un indice d'altérabilité 1st Int. Congr. Ass. Engineering Geology t. I. pp. 573 — 577. Paris.

FARRAN, J. & THENOZ, B. (1965) — L'altérabilité des roches, ses facteurs, sa prévision. Ann. Inst. Tech. Bat. et Trav. Publ. n.° 215, pp. 1534 - 1548.

ROCHA, M. (1971) Mecânica das Rochas LNEC

THENOZ, B. (1966) — Contribuition à l'étude de la perméabilité des roches et de leur altérabilité. Application a des roches granitiques Thèse. Fasulté des Sciences de Toulouse.

VELLINGER, M. E. (1945) — La mésure de la porosité des roches magasin sur les chantiers de pétrole. Ann. Mines et Carburants 134 année.

Técnica 412 Novembro de 1971 Ano XLVI Volume XXXIV

U. D. C. 536.2.081 : 536.711

THE EFFECTIVENESS OF A TWO-DIMENSIONAL FILM-COOLING SLOT WITH TAPERED LIP

por MARIO NERY R. NINA
Dept. of Mechanical Engineering
Instituto Superior Técnico, Lisboa
NEEM – IAC

ABSTRACT

Measurements of adiabatic-wall effectiveness downstream of a two-dimensional film-cooling slot with tapered lip are presented and the influence of the angle of taper discussed.

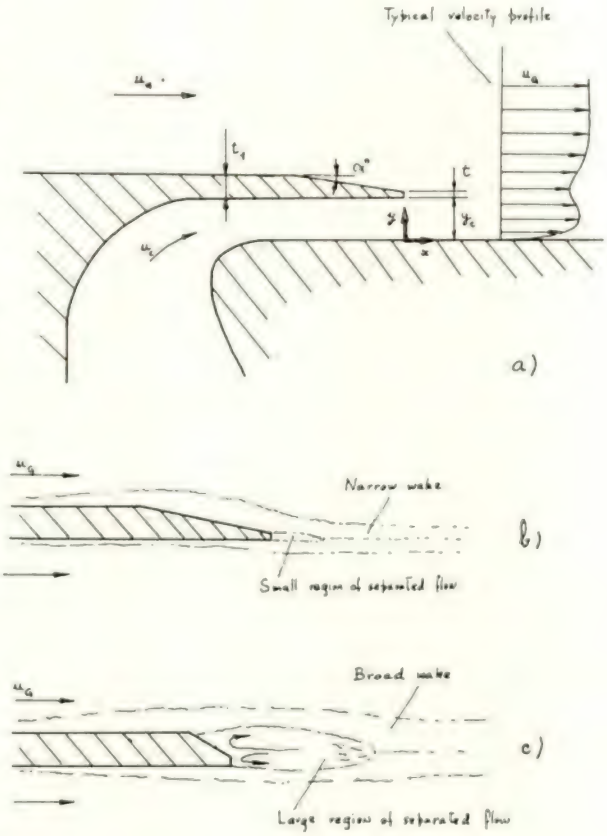
RESUMO

Medidas do coeficiente de temperatura relativo a uma superfície adiabática arrefecida por um jacto parietal são apresentadas para diferentes valores do ângulo de bisel do lábio superior e o influência deste ângulo é discutida.

INTRODUCTION

Previous studies on film-cooling with continuous slots, see for instance reference (1), established the fact that effectiveness is strongly dependent on the ratio of the upper lip to the slot height, i. e. t/y_c and that, in general, increasing this ratio decreases the value of the effectiveness. In many practical applications, thick lips are imposed for structural considerations and the introduction of tapered lips offers an attractive compromise.

In reference (2) Pai and Whitelaw, using a tapered lip with an angle of 5° 30', showed that a favorable effect on effectiveness existed. The author is not aware of other results related to this topic.



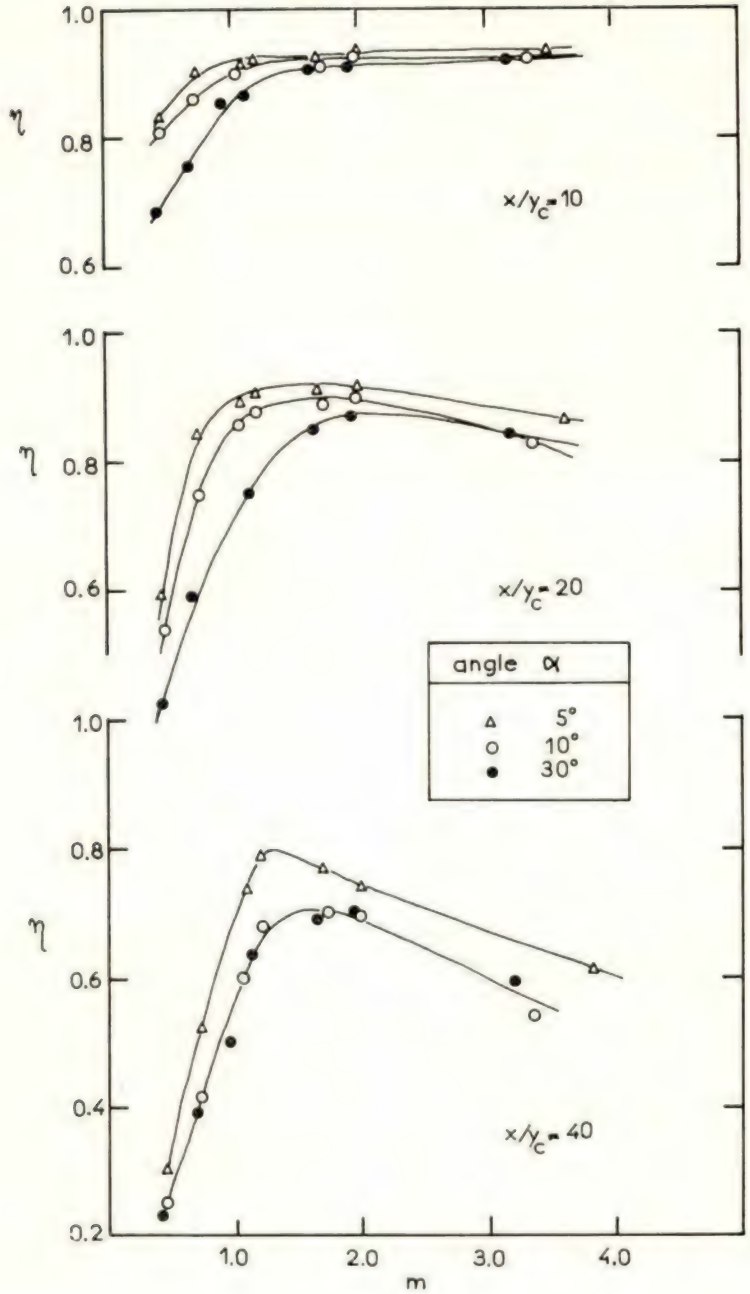
(Fig. 1)

RESULTS AND DISCUSSION

The adiabatic - wall effectiveness measurements were performed as described in (3). Figure 1 defines the geometric parameters and shows the various slot configurations used.

Figure 2 compares the adiabatic-wall effectiveness of three different geometries in the range of blowing ratios $0{,}3 \leqslant \overline{u}_c / u_G \leqslant 3{,}5$ for three distances, x/y_c, downstream of the slot exit plan.

In the region close to the slot and for values of m larger than unity, the influence of the taper is not significant; for values of m less than unity a strong adverse



(Fig. 2)

effect on effectiveness is present. At a distance of 20 slot heights downstream and for m around unity, the value of η increases from 70% to 90% as the angle of the taper, α, decreases from 30 degree to 5 degree.

It is interesting to note that increasing the angle of taper shifts the maximum value of η towards a higher value of the blowing parameter m (it is known that, for a thin lip, the maximum effectiveness is obtained for a value of m close to unity); the same shift was later found with the discrete-hole-slot configurations.

Hydrodynamic measurements on the upper-lip taper boundary layer region showed that, for a 5 degree lip, no separation of the flow occurred; the fluid was able to follow the slope. The measured boundary-layer thickness on the upper lip immediately upstream of the taper was 6,40 mm and at 55 mm downstream, on the lip edge plan, increased to 11,25 mm. In this case, see (fig. 1 b), the separation bubble was restricted to the region immediately downstream of the lip edge and its maximum cross stream dimension was of the order of the lip thickness at the edge and therefore small. For angles of 10 degree and 30 degree, the flow separated from the taper

ELECTROTÉCNICOS
REUNIDOS Lda.
av. duque de ávila, 66-3º
lisboa
portugal

INDUSTRIAIS TEXTEIS

PARA OS VOSSOS MANCHONS, FLANELAS, TRANSPORTADORES,
E TODOS OS TECIDOS TÉCNICOS

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52091 PBX
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FABRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESIRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
Tr. do Guarda Mór, 13-r/c
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
R. Francisco Newton, 389/393
C. P. 2178 - Tel. 81 89 7

MOÇAMBIQUE
L. Marques - C.P. 982 - Tel. 741121
Beira - C. P. 1002 - Tel. 71497

surface, before reaching the edge, (see fig. 1 c), resulting in a much larger recirculation zone that promoted the mixing of the two streams and lowered the effectiveness.

So the conclusion is reached, for a two-dimensional slot geometry, that there is substantial gain in the value of film-cooling effectiveness if the lip thickness is tapered at an angle for which separation do not take place; in the present measurements this angle was about 5 degree. The measurements also showed that for lips with the same thickness, a blunt square-cut-edge lip was better than a 30 degree taper.

For discrete-hole-injection slots however, as shown in (4), the value of the adiabatic-wall effectiveness was less affected by changes in lip thickness as compared to the two-dimensional slot. It is then expected that the gain in effectiveness by lip taper will be smaller when applied to a three-dimensional slot configuration.

This work was carried out as an introduction to the research program for the thesis of Master of Science, Imperial College, London.

NOMENCLATURE

m — mass velocity ratio $\equiv \rho_c \bar{u}_c / \rho_G u_G$

T — temperature

t — thickness of slot lip

u_c — average slot velocity $\equiv \frac{1}{y_c} \int_0^{y_c} u \, dy$

u_G — main stream velocity

x — distance from slot exit plan

y — distance from film cooled wall

y_c — slot height

η_{aw} — film-cooling adiabatic-wall effectiveness

$$\equiv \frac{T_{aw} - T_G}{T_C - T_G}$$

ρ — density

REFERENCES

1) S. C. Kacker and J. H. Whitelaw, — «The effect of slot height and slot turbulence intensity on the effectiveness of the uniform density two — dimensional wall-jet» J. Heat Transfer, Trans. Am. Soc. Mech. Engrs. (1968) 90 (series C) 469.

2) B. R. Pai and J. H. Whitelaw — «The influence of density gradients on the effectiveness of film-cooling» A. R. C., CP — 1013.

3) M. N. R. Nina — «The influence of three-dimensional slot geometries on film-cooling» M. Sc. Thesis, London, 1969.

4) M. N. R. Nina and J. H. Whitelaw — «The effectiveness of film-cooling with three-dimensional slot geometries», Journal of Engineering for Power, Trans. Am. Soc. Mech. Engrs., 1971 (October).

DO MUNDO TECNICO

NOVO SISTEMA ELECTRÓNICO DE RECOMPILAÇÃO DE DADOS APRESENTADO NA EXPOSIÇÃO DE EFICIÊNCIA COMERCIAL DE LONDRES

Foi apresentado pela primeira vez, na Exposição de Eficiência Comercial de Londres, que se realizou recentemente no Salão de Exposições do Olympia, na capital inglesa, um novo sistema electrónico de recompilação de dados. no local de vendas, para comerciantes a retalho. Representa um novo sistema económico para retalhistas que regista informações exactas sobre vendas, créditos, artigos e existências, no local de venda, tornando-as imediatamente disponíveis onde e quando quer que sejam necessárias. O sistema «Spice» — siglas inglesas de «Sales Point Information Computing Equipment» (Equipamento Computador de Dados no Local de Vendas), compreende vários terminais electrónicos que se encontram instalados nos pontos de saída e de pagamento dos estabelecimentos retalhista e estão ligados a um computador central. Os terminais não só executam as funções normais de registadoras, mas também anotam informações sobre os artigos, fornecendo assim aos compradores e gerentes números actualizados que permitem controlar as existências.

O sistema «Pepper», siglas inglesas de «Photo-Electric Portable Probe/Reader» (Sonda/Leitor/Foto-eléctrico portátil), é um extra facultativo do sistema «Spice» e compreende uma «caneta» electrónica exploradora manual, ligada ao regime terminal do «Spice» e operada pela empregada que trabalha no ponto de saída e de pagamento. A «caneta» electrónica passa ràpidamente sobre a etiqueta codificada colada ao artigo, oferecendo instantâneamente um registo visual totalmente iluminado do preço, número do artigo e número do departamento no terminal electrónico. Ao mesmo tempo, estes dados são impressos na tira de vendas e na «cassette» de fita para serem posteriormente processados. Este sistema resulta em consideráveis economias de despesas e na redução de perdas para os retalhistas, mediante a eliminação do erro humano.

NOVO TEODOLITO SUECO

Um grupo de técnicos suecos acaba de criar um instrumento geodésico equipado com laser para medir ângulos e distâncias. O novo aparelho designado por Geodímetro Modelo 700, reune o teodolito medidor de ângulos, o dispositivo electrónico medidor de distâncias e o computador que transforma em resultados as observações feitas.

Depois de alinhar o teodolito com o tripé-indicador, dispara-se o raio laser contra o reflector que existe no mesmo tripé. O computador recolhe os dados necessários para depois apresentar em dígitos os ângulos e as distâncias apuradas. O operador pode escolher entre três tipos diferentes de programas, inclusivé, aquele que mede a distância horizontal, mesmo que o instrumento e o reflector estejam a altitudes diferentes.

A unidade completa poderá ser carregada por um único homem dentro de uma mala que contém, ainda, a bateria eléctrica. O laser utilizado é de um miliwatt, com saída de menos de 100 microwatts. Isso significa que o raio é inofensivo até mesmo quando apontado directamente para o olho.

SALÃO NACIONAL DE PROTECÇÃO DO MEIO AMBIENTE

O primeiro salão nacional de protecção do meio ambiente, Protecna, decorreu no Recinto de Exposição da cidade de Rouen.

Mais de 200 expositores ilustraram o crescente desenvolvimento das indústrias especializadas na luta contra a poluição em França. Um lugar importante foi dado aos aparelhos de medida e de laboratório, (controle da poluição das águas, medida de ruídos, busca da percentagem de gazes nocivos da atmosfera, etc.).

Numeroso materiais da luta contra a poluição foram propostos bem como projectos para alimentar as cidades de águas potáveis e tratamentos de águas residuais.

Ao lado de diversos organismos oficiais como a Electricité de France, e o Gaz de France, notou-se igualmente a presença de sociedades estrangeiras (Suécia, Itália, Estados Unidos.)

Conjuntamente com o salão desenrolaram-se sessenta e duas exposições ilustrando os três temas seguintes:

- meios técnicos de prevenção (água, ar, ruídos, detritos).
- organismos relacionados com a luta contra a poluição.
- problemas financeiros e económicos.

Coordenação de António Vieira Pita

C. D. U. 550.34 : 361.91 (469)

PLANEAMENTO NACIONAL ANTISÍSMICO (*)

por ANTONIO J. CORREIA MINEIRO
Eng.º Civil (I. S. T.)
M. Sc. (Eng.) D. I. C. (London)
Assistente do I. S. T.

RESUMO

Faz-se uma pequena síntese das consequências catastróficas de sismos importantes e dos respectivos impactos sócio-económicos. Esquematiza-se a investigação no campo das ciências sísmicas e as suas relações com as aplicações práticas em engenharia civil.

Aborda-se o problema do planeamento para defesa anti-sísmica mostrando a sua importância e a da préorganização de acções de emergência. Refere-se sucintamente o recente interesse na previsão de ocorrência de sismos, quer no espaça, quer no tempo.

Em face da regulamentação portuguesa anti-sísmica tecem-se algumas considerações gerais em relação ao dimensionamento de estruturas e à reparação de edifícios danificados por sismos.

Propõem-se algumas medidas para um planeamento nacional anti-sísmico, pondo-se em dúvida que as actuais sejam suficientemente eficazes.

SYNOPSIS

The most important carthquake hazards are related.

It is shown how investigation on seismic sciences is related to pratical uses in civil engineering works.

The importance of planning before an earthquake and emergency action after the event is emphasized, and the recent interest in earthquake previsions is described.

An improvement in the portuguese regulations is shown to be desirable, and recommendations are proposed for a national planning in order to reduce earthquake hazards.

1 — INTRODUÇÃO

A catástrofe natural, de consequências mais prejudiciais para o desenvolvimento económico dum país é, sem dúvida, o da ocorrência dum sismo muito intenso, envolvendo zonas onde existem estruturas indevidamente preparadas para resistir a efeitos sísmicos destrutivos.

O número anual médio de seres humanos que, em todo o mundo, perderam a vida em consequência de sismos, no período 1900 - 1960, está avaliado em cêrca de 15.000; e o valor anual médio dos prejuízos materiais, no mesmo período, estima-se em cêrca de 15 milhões de contos.

Foi avaliado que, até ao presente, já morreram 74 milhões de pessoas em consequência de sismos ou dos seus efeitos tais como, fogos, maremotos, avalanches, etc.

O número de mortes provocado por um sismo intenso é função, não só das suas características principais (energia, distância focal), mas da densidade populacional da área afectada e da probabilidade de colapso das construções ou de desencadeamento de outros fenómenos igualmente nefastos como fogos, epidemias, maremotos, avalanches, inundações, falta de socorros adequados, etc..

Assim, qualquer planeamento antisísmico terá necesàriamente que atender a todos estes aspectos.

As autoridades responsáveis e a maioria dos técnicos, nem sempre têm a consciência da extensão das consequências que poderão advir dum sismo intenso.

Num país em desenvolvimento, com fontes de rendimento limitadas e com investimentos concentrados em grandes realizações, devem recear-se mais as consequências indirectas que as do fenómeno em si.

Deste modo, um sismo pode causar muitas mortes, o que é evidentemente lamentável, mas produzindo, por exemplo, o colapso de uma grande barragem, as consequências serão mais desastrosas do que as provocadas directamente pelo sismo. Além da perda da barragem, as inundações a jusante poderão provocar uma devastação bem mais importante. Numa economia instável, poderão conduzir à fome e a epidemias, com um

(*) Conferência proferida durante a VIII semana de Engenharia Civil no I. S. T. em Março de 1971, subsidiada pelo I. A. C.

consequente acréscimo de mortes que poderá ser bem maior do que as ocorridas durante o sismo.

No Quadro I indicam-se alguns dos sismos que provocaram maior número de mortes.

QUADRO I — SISMOS MAIS CATASTRÓFICOS OCORRIDOS NO MUNDO

País	Ano	Número de mortes
CHINA	1556	830.000
ÍNDIA	1737	300.000
CHINA	1920	180.000
JAPÃO	1923	140.000
ITÁLIA	1908	100.000
PORTUGAL	1755	60.000
PERÚ	1970	50.000

No Quadro II indicam-se os sismos de consequências mais desastrosas ocorridos recentemente.

Com o presente nível de desenvolvimento tecnológico, não é ainda possível evitar os sismos.

No entanto e como adiante veremos, fazem-se, presentemente, esforços intensos de investigação, principalmente nos E. U. A., Japão e Rússia, para estabelecer bases de previsão de ocorrência de sismos, quer no espaço, quer no tempo.

Contudo, há muito que os técnicos procuram minimizar as consequências desastrosas dos sismos.

Estes são destrutivos porque o homem para isso contribui, investindo a sua riqueza em empreendimentos com um demasiado desrespeito pelos riscos sísmicos que a Natureza lhes cria. Esse desrespeito, ou resulta de simples inconsciência, ou de falta de conhecimentos tecnológicos para combater tais riscos.

Também tem importância a apatia da Sociedade que vive mais preocupada com os problemas diários e despreza os que possam advir esporàdicamente. Assim, com a sua ignorância, chega a aceitar as graves consequências dum sismo como uma fatalidade a que não se poderá eximir, não reinvidicando aos responsáveis uma protecção adequada.

Não é incomum ver ainda aceitar os sismos e as suas consequências como um desígnio de Deus, pouco podendo fazer-se para contrariar ou atenuar tais catástrofes.

As diferentes atitudes tomadas pelos Governos, perante os efeitos dos sismos nos seus países, não se explicam apenas pela frequência e magnitudes com que ocorrem. É o impacto socio económico da catástrofe que controla essa atitude e estimula a consciêncialização do problema.

Por exemplo, poucas ou nenhumas consequências positivas resultam quando são destruídas ou afectadas centenas de aldeias num país em desenvolvimento. Ao fim dum breve período de entusiasmo e solidariedade para modificar as condições de segurança das populações, entra-se novamente na apatia. Os responsáveis não sentiram o problema directamente e, por isso, esquecem-no, naturalmente, com facilidade.

Pelo contrário, a danificação ou parcial destruição duma cidade importante assim como duma obra de engenharia de que dependa a economia do país estimulará, de maneira mais agúda, a preocupação dos responsáveis, resultando quase sempre, embora tardiamente, medidas adequadas.

Os povos encaram e defendem-se, de modo diferente, dos efeitos destrutivos dos sismos. Como exemplo, citam-se os casos do Japão e da Itália. Embora a densidade populacional do Japão (280 pessoas por km^2) seja bem maior que a da Itália (170 pessoas por km^2), e tendo ainda muito maior sismicidade, verificou-se em Itália, no período 1900 a 1968, um número muito maior de mortes (275.000 mortes em Itália contra 240.000 no Japão). Estes números reflectem, entre outras coisas, o modo diferente como, nos dois países, os responsáveis técnicos encaram o problema de defesa anti-sísmica.

Um outro aspecto importante a ter em atenção é o da capacidade de um país poder ou não, do ponto de vista económico, suportar fàcilmente as consequências dum sismo. Tome-se como exemplo o sismo de Julho de 1963 em Skopje. Os prejuízos materiais ascenderam a 35 milhões de contos e o número de mortes foi de 1.000. O sismo em si foi pequeno, libertando energia cêrca de 3.000 vezes menor que o ocorrido no Alaska em 1964. Em Skopje, a área afectada foi pequena, embora densamente povoada e em seu desfavor deu-se a circunstância de a actividade sísmica ter sido insignificante durante mais de 13 séculos.

Em contraste, o sismo do Alaska produziu só 125 mortes e um prejuízo de 85 milhões de contos e o de Niigata, no Japão, em 1964, também originou 26 mortes e prejuízos no montante de 60 milhões de contos.

As consequências económicas que estes três sismos provocaram nos respectivos países foram bem diferentes.

O de Skopje afectou intensamente a economia de todo o país, ao passo que os outros dois, embora muito maiores, puderam ser suportados sem que as populações se sentissem econòmicamente afectadas.

É pois evidente que, quanto mais pobre ou em vias de desenvolvimento está um país, com grande parte dos seus recursos investidos em estruturas de engenharia, mais necessário se torna defender as obras de riscos de danificação importante ou até de colapsos provocados por sismos.

Nos sismos mais recentes, referidos no Quadro II, e em muitos outros, tem-se verificado que é ainda bastante frequente o colapso ou danificação de estruturas, embora com superestruturas que se supõem bem projectadas e construídas, devido a um mau comportamento das

QUADRO II — SISMOS RECENTES E CONSEQUÊNCIAS HUMANAS E MATERIAIS

País	Designação	Ano	Magnitude	Número de mortes	Prejuízos Materiais (contos)	Observações
MÉXICO	MÉXICO	1957	—	72	3×10^6	
CHILE	VALDÍVIA	1960	8,4	1000	15×10^6	Prejuízo conjunto dos sismos de 1958 e 1960
MARROCOS	AGADIR	1960	5,7	10000	50% dos edifícios europeus foram destruídos	Influência importante de má construção
IRÃO	BUYIN - ZARA	1962	7,5	12225	31309 casas destruídas	
JUGOSLÁVIA	SKOPJE	1963	6,1	1000	35×10^6	85% dos edifícios foram danificados. Influência parcial da natureza do solo
ALASKA	ALASKA	1964	8,3	135	85×10^6	Influência muito importante da natureza do solo
JAPÃO	NIIGATA	1964	7,3	26	60×10^6	2130 edifícios destruídos 6200 muito danificados 31200 danificados 369 ardidos 15300 inundados por maremoto. Predominante a influência da natureza do solo
TURQUIA	VARTO	1966	6,8	2500	19000 casas destruídas, 5500 danificadas	Má construção
VENEZUELA	CARACAS	1967	6,3	260	5 edifícos destruídos, 68 danificados sem recuperação 2300 casas danificadas 3×10^6	Influência da natureza do solo
PERÚ	PERÚ	1970	7,7	50000 a 70000	100 000 casas de adobe destruídas	20000 mortes só por avalanches produzidas pelo sismo

suas fundações ou à influência desfavorável do terreno de fundação na resposta sísmica dessas estruturas.

Todavia, são ainda mal conhecidas as condições sob as quais os solos, seja como fundação ou como material de construção, perdem uma parte significativa da sua resistência, entrando em rotura ou deformação excessiva, sob a acção de sismos.

A investigação é actualmente muito intensa, tendo em vista esclarecer a influência dos solos de fundação no comportamento sísmico de estruturas.

A urgente necessidade de investigação neste campo da Dinâmica dos Solos resulta de que, 30 a 50% dos investimentos em países em vias de desenvolvimento, se destinam a habitações ou a outras estruturas de engenharia que são essenciais para a sua economia.

O México propõe-se, através da sua Universidade, e com subsídios da UNESCO, realizar um programa de investigação em Dinâmica dos Solos em que, num período de 4 anos, dispenderá cêrca de 25 mil contos. Mas os técnicos mexicanos calculam que, só na cidade do México, ocorreriam prejuízos da ordem dos 4 milhões de contos se se repetisse um sismo com as características do de 1911, e que 80% desses prejuízos seriam imputáveis, directa ou indirectamente, às fundações ou ao efeito amplificador dos movimentos sísmicos em consequência das desfavoráveis propriedades dinâmicas dos solos aluvionares da cidade.

2 — RELAÇÕES ENTRE INVESTIGAÇÃO E AS APLICÕES PRÁTICAS

A investigação em sismologia é uma investigação pura pois que, fundamentalmente, visa estudar o interior da terra, utilizando as ondas sísmicas, e compreender o mecanismo da formação dos sismos.

Em investigação aplicada, a engenharia sísmica toma o seu lugar, pois tem por objectivo o desenvolvimento de conhecimentos para aplicações práticas.

As relações entre a investigação e as aplicações práticas estão esquematizadas no Quadro III.

3 — PLANEAMENTO PARA DEFESA ANTISÍSMICA

O problema de reduzir os danos sísmicos e a reparação das estruturas afectadas divide-se em duas etapas:

a) — Planeamento antes do sismo.

b) — Acções de emergência após o sismo.

Qualquer das fases tem de ser estudada e preparada por uma comissão nacional, cuja missão será a de investigar métodos e técnicas que, necessàriamente, diferem de país para país, e até de região para região, tendo em vista minimizar as consequências dos eventuais sismos intensos.

Com efeito, tem-se verificado que é difícil organizar, rápida e eficientemente uma comissão capaz de coordenar os socorros e reconstrução das zonas afectadas, dissipando-se muitos esforços e fundos monetários em actividades descoordenadas.

Um factor importante a ter em consideração num planeamento nacional antisísmico, é o da educação. A maioria da população desconhece os perigos que corre, durante e após o sismo e assim as superstições, boatos e desorientação originam desastres adicionais e instabilidade psicológica dolorosa.

Numa região sísmica, a população deverá ser instruída, desde a infância, sobre estes fenómenos sísmicos naturais e seus efeitos, e como deverá comportar-se e confiar nos serviços de emergência, o que exige, evidentemente, que se comprove que estão organizados.

A regulamentação de estruturas antisísmicas, nos diversos países, tem-se mostrado inadequada. Quase todos dispõem de um regulamento que cobre a maioria de tipos de edifícios, e que é destinado à utilização exclusiva de profissionais.

Mas, quer nos países em vias de desenvolvimento quer não, os profissionais lidam apenas com uma percentagem muito pequena da capacidade total de habitação do país. Grande parte das pequenas habitações não são abrangidas por regulamentos ou controle na construção, e existem numerosíssimas edificações construídas antes de qualquer regulamentação antisísmica, com total incapacidade para suportar acções sísmicas intensas.

A maioria da população do país ficará assim gravemente exposta a acidentes, e uma regulamentação, mesmo perfeita, que vise apenas as novas construções, desproteje por completo a população de mais débeis recursos económicos.

Será, pois, fundamental que as revisões da regulamentação antisísmica tenham em consideração tal aspecto.

Quanto às acções de emergência, a comissão nacional, a que se arrisca a denominação de «Departamento Nacional Antisísmico», terá, necessàriamente, que promover estudos em que possa prever a extensão dos danos e acidentes que um sismo intenso possa provocar numa dada região e estimar as necessidades consequentes.

Nesta conformidade, terá que conhecer as reservas mobilizáveis para os primeiros socorros (alimentos, água, medicamentos, tendas, transportes, máquinas de movimentação de terras e de remoção de escombros, equipas de médicos e enfermagem, etc.) e planear a forma de os fazer chegar às zonas mais afectadas, em muito pouco tempo.

As forças armadas deveriam estar preparadas e treinadas para acções de emergência deste tipo e, actuando sob direcção da comissão nacional, pois que as demolições e a remoção de escombros devem ser dirigidas por técnicos especializados para evitar destruições adicionais provocadas por acções descontroladas.

A comissão nacional deverá conhecer todas as possibilidades que se lhe oferecem do exterior para as canalizar devidamente e dar uma garantia de boa utilização dos meios e fundos oferecidos pelos movimentos de solidariadade universal.

Em geral, estes retraiem-se quando não existe, à partida, uma organização capaz de se responsabilizar por

MONTEPIO DE MOÇAMBIQUE

fundações do edifício sede

COM MAIS
DE 30 ANDARES
E 100 METROS DE
ALTURA

EIS A FUNDAÇÃO ESPECIAL PARA O MAIS ALTO ARRANHA-CÉUS DO PAÍS

150 ESTACAS DE BETÃO ARMADO COM 30 METROS DE ALTURA
MOLDADAS NO TERRENO COM 1,20 METROS DE DIÂMETRO, SÃO ENCABEÇADAS NO TOPO POR
10 GIGANTESCAS SAPATAS SUPORTE DE TODA A ESTRUTURA.

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, S.A.R.L.
6 DELEGAÇÕES NA METRÓPOLE E ULTRAMAR

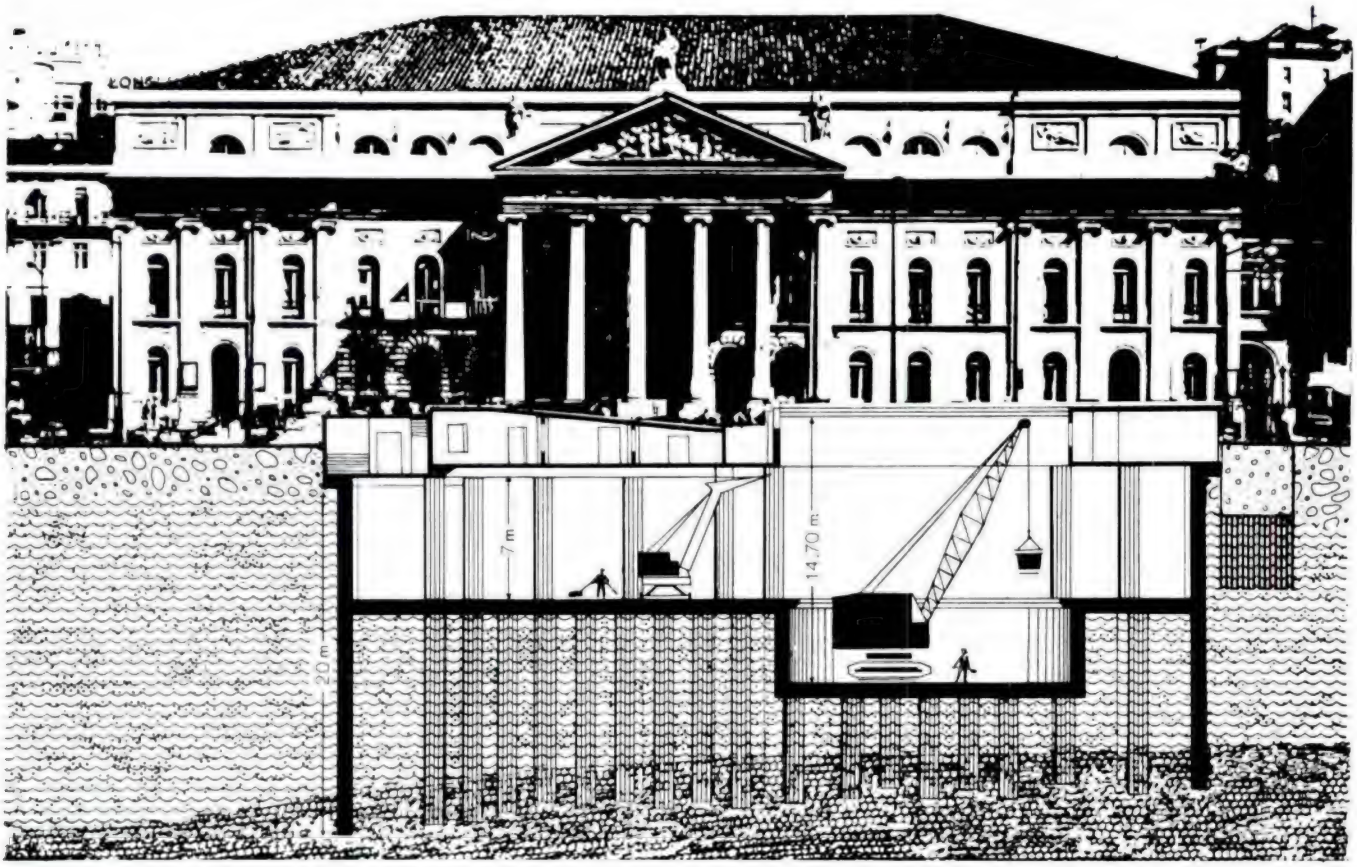
MIRANDELA & C.ª - 20.000 ex. - 8/71

MOP · DGEMN
gabinete da reconstrução do

TEATRO NACIONAL D. MARIA II

obras no subsolo
paredes moldadas no terreno
20 metros de profundidade

mira-118



estruturas executadas por

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, S.A.R.L.

6 DELEGAÇÕES NA METRÓPOLE E ULTRAMAR

QUADRO III – RELAÇÕES ENTRE A INVESTIGAÇÃO E AS APLICAÇÕES PRÁTICAS

uma adequada utilização das ajudas financeiras exteriores.

A comissão deverá estar em permanente contacto com os planeamentos regionais, tendo em vista conhecer as áreas de que poderá dispôr para estabelecer as edificações de emergência que abrigarão as populações afectadas.

Estas reservas de áreas deverão estar prèviamente preparadas, com as infraestruturas necessárias para permitir a rápida construção, ou de casa préfabricadas, ou de simples tendas.

Após um período inicial de entusiasmo para realizar ambiciosos planos de reconstrução das áreas afectadas e à medida que as disponibilidades financeiras decrescem cai-se em geral, em soluções improvisadas que levam ao dispêndio inútil de energias e fundos.

4 — PREVISÃO DE SISMOS

Há, sem dúvida, um crescente interesse dirigido para o problema da previsão de sismos, quer no espaço, quer no tempo. São várias as razões:

— O recente desenvolvimento e aperfeiçoamento de instrumentação de grande sensibilidade e estabilidade capaz de medir pequenas deformações localizadas ou regionais.

— O desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos conceitos e teorias de mecanismos sísmicos, com base em resultados de experimentação laboratorial e «in situ».

— Uma consciêncialização de que, com a concentração populacional cada vez maior em regiões sísmicas, se torna necessário encontrar meios para minimizar as consequências catastróficas de sismos intensos.

Muitos são, no entanto, os que se opõem à investigação que conduza à previsão de sismos, não só pelas grandes verbas que mobiliza, mas pelo facto de considerarem perigosos os resultados das previsões. Assim, numa previsão a longo prazo, ficaria afectado o desenvolvimento económico e populacional duma região e, a curto prazo, conduziria ao pânico.

As limitações económicas dependerão, certamente, de país para país, mas os problemas sócio económicos poderão ser estudados e adoptadas medidas adequadas.

O que é certo, é que a previsão de sismos reduzirá substancialmente os acidentes e os danos, pois que se podiam adoptar medidas anti-fogo, fazer evacuar zonas em perigo potencial de inundação, avalanches, etc., alertar centrais atómicas e refinarias, esvaziar barragens e armazenar alimentos e remédios.

O Japão, em 1965-66, deu o primeiro passo na previsão de sismos, tendo estabelecido um programa de previsão que permitiu anunciar actividades sísmicas mais violentas nos meses de Abril e Agosto de 1966, na região de Matsushiro. O governo local pôde, assim, adoptar as adequadas medidas de emergência e de reforço de edifícios. Porém, as actividades foram fortemente afectadas e os industriais hoteleiros reagiram ao sistema de previsão.

Só para dar uma idéia dos encargos dum programa de previsão de sismos, referem-se os previstos pelos americanos para a região da Califórnia e Nevada e que ascendem a 35 milhões de contos, a dispender em 10 anos.

5 — CONSIDERAÇÕES GERAIS EM RELAÇÃO AO DIMENSIONAMENTO SÍSMICO DE ESTRUTURAS

O Regulamento Português de Segurança das Construções contra os Sismos, de Maio de 1958, e o Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes, de Novembro de 1961, estabelecem os coeficientes sísmicos a adoptar no dimensionamento de estruturas, dependendo estes da zona sísmica onde a construção se localiza e da natureza do terreno de fundação. Os regulamentos englobam todos os tipos de estruturas e prescrevem os mesmos coeficientes, independentemente do tipo e importância da construção. Apenas obrigam a aumentar o coeficiente sísmico, quando não haja reserva de resistência conferida por elementos não estruturais.

Recomenda, no entanto, que se adoptem coeficientes sísmicos superiores aos indicados no regulamento, nos casos em que haja interesse em minimizar os estragos causados pelos sismos, em particular para as instalações de serviços destinados à prestação de socorros.

Contudo, não parece econòmicamente justificável que, teòricamente, todas as estruturas possam ser afectadas da mesma forma por um sismo muito intenso.

Os diversos tipos de estruturas, quer pela sua função ou importância, põem problemas diferentes em relação à sua segurança às solicitações sísmicas.

Assim, as estruturas correntes de edifícios de habitação poderão sofrer danos temporários de possível e não muito onerosa reparação, ao passo que estruturas importantes não poderão sofrer acidentes ou danos que provoquem desastres incontroláveis. É a razão porque, muitos regulamentos classificam as estruturas em função da sua importância, do ponto de vista de resistência antisísmica.

Os três grupos que é habitual considerar são os seguintes:

CATEGORIA A

Estruturas, quer de edifícios ou de equipamentos, cuja destruição ou colapso podem produzir acidentes de natureza incontrolável.

É absolutamente indispensável que tais estruturas (centrais atómicas, refinarias de petróleo, tipos de barragens de comportamento sísmico mal conhecido, indústrias químicas, etc.), sejam projectadas para que, quando sujeitas ao mais intenso sismo esperado, a probabilidade de colapso seja pràticamente nula. A prudência aconselha a que a concepção e dimensionamento sejam feitos de tal forma que, para a máxima intensidade jamais observada na região, independentemente da frequência com que possa ocorrer e do período de vida da estrutura, as tensões desenvolvidas se mantenham dentro do limite elástico dos materiais.

CATEGORIA B

Estruturas que são essenciais para a vida da nação, mas cuja danificação não ponha em perigo as estruturas da categoria A. Esta categoria de estruturas deve ser cuidadosamente projectada para resistir às acções sísmicas, mas não com as exigências de comportamento ideal exigidas às da categoria anterior.

Estas estruturas, tais como, centrais eléctricas, abastecimentos de água, hospitais, escolas, teatros, centros de comunicação, instalações do exército e dos bombeiros, edifícios importantes do governo, arquivos, museus deverão ser dimensionados de modo a que, no período de vida previsto, elas não sejam danificadas significativamente pelo sismo mais forte com probabilidade de ocorrência nesse período. Para esta categoria é aceitável exceder o limite elástico dos materiais, ou seja, tirar partido do efeito favorável da ductilidade.

CATEGORIA C

Estruturas que, embora indispensáveis, não se torne essencial assegurar-lhes um comportamento sísmico perfeito. O dimensionamento deve ser feito de modo a que as estruturas possam sobreviver aos sismos mais frequentes, de intensidade moderada, sem ficarem danificados, embora no caso de ocorrência dum sismo intenso, possam ocorrer danos importantes que não inutilizem a estrutura, nem causem acidentes pessoais.

Nestas estruturas, na maioria edifícios de habitação, admite-se uma danificação intensa no respectivo período de vida, no caso de ocorrência do sismo de maior intensidade esperado.

Os coeficientes sísmicos especificados no regulamento português deveriam ser, portanto, exclusivamente adoptados para dimensionamento de estruturas da categoria C. É, no entanto, essencial assegurar que as estruturas rígidas sejam ducteis e que não tenham rotura frágil. Se estas condições não puderem ser satisfeitas, há que fazer um dimensionamento com coeficientes sísmicos mais elevados.

As estruturas da categoria B que sejam flexíveis, deverão ser estudadas através duma análise dinâmica, usando métodos apropriados, quer através de espectros de aceleração, velocidade, ou potência. O tipo de espectro apropriado, a percentagem de amortecimento crítico terão, por enquanto, de ser estabelecidos em função do tipo de estrutura, das condições de fundação e da importância da estrutura.

Estruturas rígidas da categoria B, fundadas em solos firmes e tendo períodos próprios de vibração menores que 0,3 segundos, podem ser consideradas como se fossem totalmente rígidas e sujeitas a forças de inércia superiores às regulamentares pois, como já foi referido, não é aceitável para esta categoria tirar partido do efeito favorável da ductilidade.

Finalmente, é importante referir a influência que a natureza do solo tem na intensidade sísmica a considerar no dimensionamento de estruturas. A amplificação das acções sísmicas pode ser de tal modo importante, que se julga indispensável proceder a estudos apropriados sempre que se dimensionem estruturas das categorias A e B.

Para as estruturas da categoria C, deverá ser feita uma microregionalização sísmica que especifique, em função da natureza do solo, os incrementos que deverão afectar os coeficientes sísmicos.

Esta microregionalização deveria abranger, não só as zonas urbanas mais importantes do país e em que o risco sísmico seja maior, mas também as zonas de expansão previstas, servindo como elemento base para elaboração, quer de planos directores de desenvolvimento, quer já em pormenor, na elaboração de planos de urbanização.

6 — A REPARAÇÃO DE EDIFÍCIOS DANIFICADOS

A reparação de edifícios danificados por sismos tem de ser feita com precauções muito especiais. Com efeito, cada edifício danificado constitui um problema especial e a respectiva reparação é, igualmente, uma solução especial.

Não há regras generalizadas para o efeito. O sismo faz ressaltar os pontos mais fracos que devem ser adequadamente reparados, não só para refazer a resistência inicial do elemento danificado, mas, principalmente, para conferir a toda a estrutura uma estabilidade conveniente.

A reparação de edifícios danificados é uma tarefa muito delicada e só deve ser orientada ou levada a efeito por especialistas que não sejam condicionados, por razões económicas, a utilizar métodos impróprios ou materiais inadequados. Esta falsa economia é, em geral, fatalmente confirmada num futuro sismo.

O grande problema na reparação de edifícios consiste em saber se os estragos visíveis constituem a totalidade dos danos, ou se são os mais importantes.

Julga-se que seria do maior interesse a criação duma entidade oficial especial capaz de avaliar a intensidade dos danos sofridos por estruturas, estudar métodos de reparação, e, principalmente, inquirir quais as estruturas com maior risco de colapso, quando sujeitas a sismos de intensidade moderada.

Esta entidade teria autoridade suficiente para impôr a simples demolição de edifícios com risco de colapso para sismos moderados a fortes ou, em alternativa, o estabelecimento dum reforço adequado.

7 — CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em 28 de Fevereiro de 1969, foi sentido em Portugal um sismo que, embora de magnitude relativamente elevada ($M = 7,3$), pouco afectou a cidade de Lisboa, por a distância epicêntrica ter sido muito grande.

Algumas zonas da cidade foram, aparentemente, mais danificadas pelos movimentos sísmicos, não só devido à influência do solo e natureza das fundações mas, principalmente, por corresponderem à concentração de construções más e antigas.

No Algarve, a intensidade sísmica e os danos foram maiores, por se situar mais perto da zona epicêntrica.

Este sismo, que causou pânico em Lisboa, veio reforçar a importância de três problemas que urge resolver,

uma vez que já ocorreram sismos de muito maior intensidade e com consequências catastróficas:

a) — Inquérito para determinar e delimitar as zonas de construções que apresentam maior risco de colapso. Para tal, sugere-se a criação de uma entidade oficial com autoridade para impor a demolição ou reforço de estruturas impróprias, em especial, escolas e serviços de prestação de socorros. Esta entidade definiria as prioridades de demolição de determinadas zonas urbanas, com vista a orientar os responsáveis pela urbanização da cidade e arredores.

b) — Actualização do Regulamento Português de Segurança das Construções contra os Sismos
Esta actualização, para ser rápida e eficiente, não pode ser uma remodelação grande, pois tornaria difícil atingir resultados práticos em curto espaço de tempo. Como actualização mais urgente, refere-se a criação de categorias de estruturas, em relação às quais os critérios de dimensionamento sísmico sejam diferentes e de acordo com a sua importância e finalidade.
A actualização da regionalização sísmica do país é, igualmente, necessária. O Laboratório Nacional de Engenharia Civil já iniciou tal estudo para a Metrópole.
Para as zonas mais importantes, tais como Lisboa e arredores e de mais intensidades sísmicas, como Algarve, justifica-se proceder a uma microregionalização sísmica, que tenha em conta a influência das características geotécnicas e dinâmicas dos terrenos de fundação duma forma mais segura e económica.

c) — Intensificação na investigação e preparação de engenheiros e arquitectos.
Sugere-se:
Criação duma comissão encarregada de, em colaboração com historiadores, proceder a uma investigação sistemática e estudo de documentos históricos relativos à actividade sísmica em Portugal.
Criação duma cadeira semestral de Engenharia Sísmica nos cursos de Engenharia Civil das Universidades Portuguesas.
Organização de uma série de conferências nas Universidades Técnicas e nas Escolas de Belas Artes, tendo em vista divulgar as bases fundamentais da Engenharia Sísmica e os principais condicionamentos que impõem a concepção de estruturas.
Divulgação de literatura relativa a Engenharia Sísmica.

É absolutamente indispensável obter resposta para estas prementes questões:

a) — Se ocorrer brevemente um sismo intenso, mesmo mais moderado que o de 1755, quantas vítimas e prejuízos haveria a lamentar?

b) — Quantas vítimas não seriam poupadas se fossem demolidas ou reforçadas as construções existentes com maior risco de colapso?

c) — O que significa tal investimento, comparado com os prejuízos materiais e humanos que resultarão dum sismo intenso?

d) — Será aceitável que os regulamentos de construção antisísmica só protejam as pessoas e bens que utilizem construções executadas depois da primeira regulamentação antisísmica, no nosso caso, a partir de 1958?

e) — Será aceitável que os serviços de emergência, quarteis, bombeiros, hospitais, etc., que normalmente estão instalados em edifícos antigos, fiquem inoperantes, quando precisamente se tornam mais necessários?

f) — Será aceitável que, tendo os conceitos e técnicas de Engenharia Sísmica evoluído de forma espectacular nos últimos anos, continuem a ser ignorados pela maioria dos técnicos de departamentos oficiais e de actividade privada?

g) — Será aceitável que, à luz das novas técnicas e conceitos de Engenharia Sísmica, se não verifique a probabilidade de rotura aos sismos de obras importantes tais como, barragens, museus, refinarias de petróleo, indústrias químicas, etc., que podem produzir acidentes de natureza incontrolável e que foram concebidas, projectadas e executadas com base em conceitos ultrapassados e, na maioria dos casos, inseguros?

h) — Será aceitável aguardar inconscientemente que a nossa geração seja afectada por um sismo violento para então estudar as medidas adequadas de planeamento de defesa antisísmica em todos os seus aspectos?

i) — Será aceitável que os nossos museus não assegurem a conveniente segurança para que as obras de arte possam ser legadas às gerações vindouras?

C. D. U. 621.357

"MODOS DE OBTENÇÃO DUM DEPÓSITO METÁLICO COM ESPESSURA UNIFORME E MÉTODOS DE MEDIÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS BANHOS ELECTROLÍTICOS"

por CÉSAR A. C. SEQUEIRA (*)
Engenheiro Químico Industrial
Assistente do I. S. T.
Bolseiro do B. A. B. D. C.

RESUMO

Revêm-se os métodos experimentais usados na determinação do poder de repartição dos banhos de galvanostegia; mais atenção é dada aos métodos devidos a «Haring - Blum» e a «Hull».

SYNOPSIS

Experimental methods to estimate throwing power of and electroplating bath are revised; further attention is given to those well known due to «Haring - Blum» and «Hull».

A natureza e distribuição de um revestimento metálico, obtido por electrodeposição, depende essencialmente da forma e posição dos ânodos e também de determinadas propriedades do electrólito. Na figura 1 ilustram-se as variações típicas da espessura dos electrodepósitos. A heterogeneidade de repartição do revestimento resulta das variações da densidade de corrente que assume valores mais elevados nas bordas das peças a revestir e nos pontos salientes mais próximos do ânodo, particularmente se o seu raio de curvatura é pequeno, e valores mais reduzidos nas fissuras, porosidades e outras cavidades ou nas zonas centrais de grandes superfícies planas.

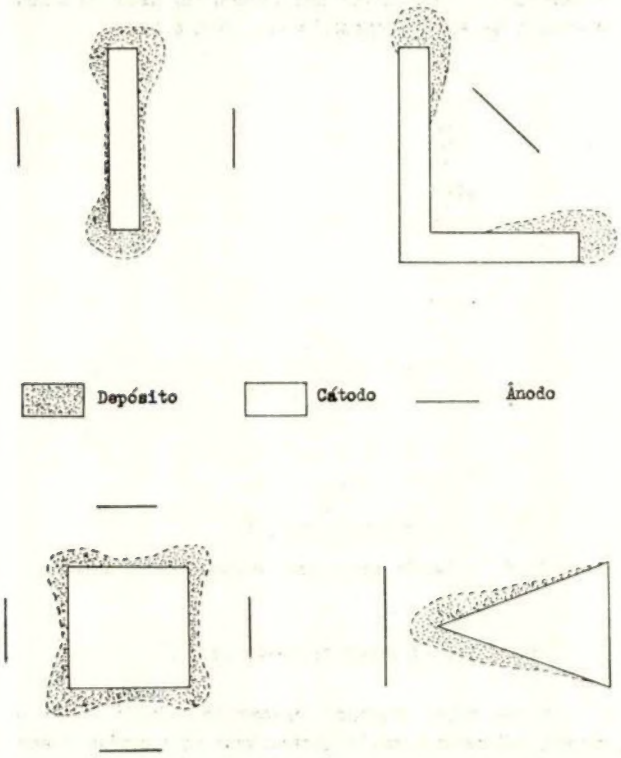


Fig. 1 — Distribuição típica dos depósitos em cátodos com várias formas.

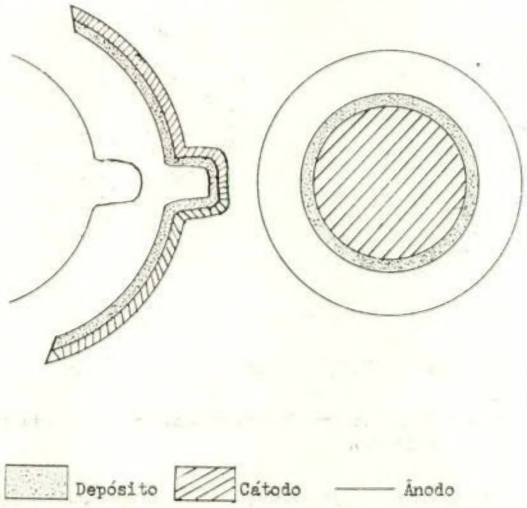


Fig. 2 — Efeito da forma do ânodo no depóstito obtido.

Uma distribuição de densidade de corrente aproximadamente uniforme pode obter-se de diversas maneiras, por exemplo usando ânodos com o mesmo formato do cátodo (figura 2); usando, na vizinhança das áreas de alta densidade de corrente, «burners» ou «robbers» que vão con-

(*) Endereço actual: Royal School of Mines, Imperial College of Science & Technology, London S. W. 7.

(*) Recebido na redacção em 6-6-1971

sumir o excesso de corrente (figura 3); usando ânodos planos convenientemente colocados (figura 4), ou usando resguardos isoladores para reduzir a corrente que normalmente fluiria para as extremidades vivas, etc., (figura 5).

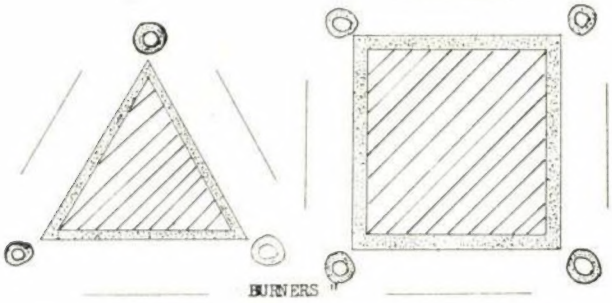


Fig. 3 — Efeito da colocação de «burners» perto das regiões de alta densidade de corrente.

O efeito das propriedades dum electrólito na repartição do depósito obtido no electrorevestimento dum determinado artigo com forma complexa caracteriza-se qualitativamente por meio duma grandeza chamada «poder de distribuição». Um banho tem bom poder de

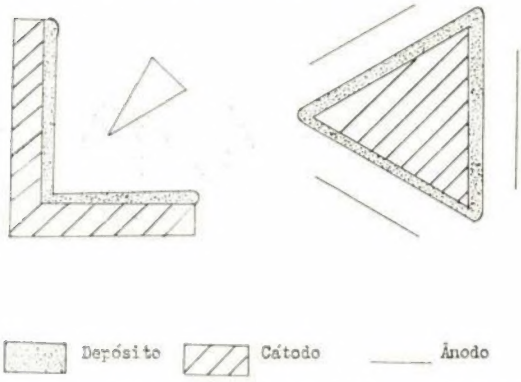


Fig. 4 — Efeito da posição dos ânodos na distribuição dos depósitos.

distribuição se é capaz de produzir um depósito bem repartido sobre todo o metal base.

Das superfícies a revestir, umas ou parte dumas exigem melhor revestimento que outras. Assim, a superfície exterior dum pára-choques requer um recobrimento metálico com características superiores, enquanto que o revestimento da superfície posterior, que é sujeita a uma acção corosiva menos intensa, não necessita de ser tão eficiente. Esta superfície mais importante de um artigo designa-se por «superfície significante» e de acordo com as normas no domínio dos revestimentos electrolíticos o electrodepósito deve ter uma «espessura mínima» sobre estas superfícies de referência. Se o electrólito usado tem um bom poder de repartição, as especificações prescritas pelas normas conseguem-se fàcilmente. Usando banhos com mau poder de distribuição, há que considerar a forma e a posição dos ânodos, e também o formato do artigo a revestir. É de primária importância, onde possível, suèrimir os ângulos vivos ou arredondá-los ao máximo, evitar as bordas, etc., particularmente nas superfícies significantes do artigo.

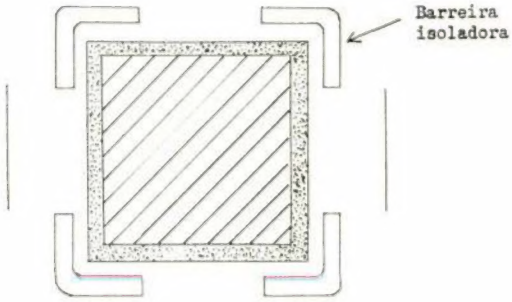


Fig. 5 — Efeito de quatro resguardos isoladores na distribuição da corrente.

A eficiência dum electrólito, isto é o seu poder de distribuição, pode ser avaliada qualitativamente por diversos métodos de laboratório.

a) Método do cátodo dobrado em L (1).

Usa-se um ânodo plano e deposita-se o metal num cátodo dobrado dum ângulo de 90°, disposto, verticalmente, paralelamente ao ânodo. Observa-se a quantidade do metal deposto na superfície vizinha do cotovelo. Consegue-se uma avaliação mais percisa seccionando o cátodo em L em faixas que podem ser pesadas antes e depois da electrodeposição (2) (figura 6).

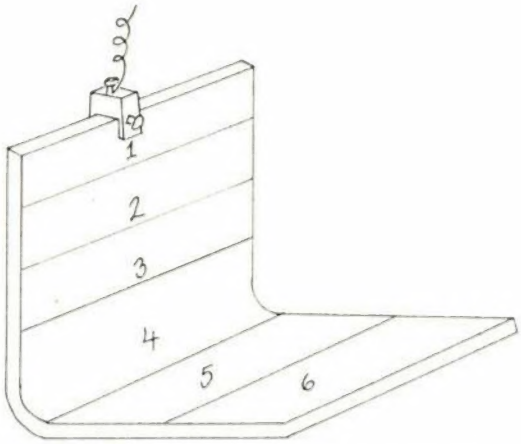


Fig. 6 — Cátodo em L com secções desmontáveis.

b) Método da placa de cavidades (3).

Numa pláca metálica brocam-se orifícios com o mesmo diâmetro e equidistantes, mas com profundidade variável. A cavidade mais profunda que é completamente recoberta dá uma indicação do poder de distribuição do electrólito a ser experimentado, por exemplo em termos da relação entre a profundidade e o diâmetro (figura 7.)

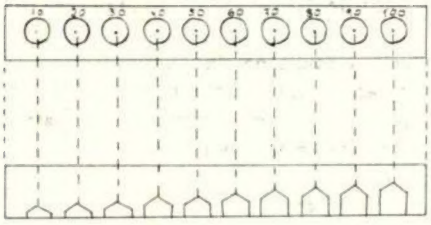


Fig. 7 — Placa de cavidades usada na avaliação do poder de distribuição.

Os métodos mencionados têm limitações inerentes se se pretende uma classificação precisa e quantitativa para distinguir as eficiências dos electrólitos. Para que o método do cátodo dobrado em L desses resultados precisos seria necessário um grande número de faixas, e consequentemente, os processos de pesagem e montagem seriam prolixos. Anàlogamente, grande número de orifícios seria necessário para que o método da placa de cavidades fosse exacto e permitisse medições quantitativas.

O termo «poder de distribuição», sendo qualitativo, não permite classificar os electrólitos sob as designações de bons, maus, etc.. Contudo, uma xpressão quantitativa, «eficiência de distribuição», foi definida por vários autores, com a qual é possível dar uma gradual percentagem da repartição do depósito obtido com um dado electrólito.

A maior parte das medições da eficiência de distribuição são feitas em células com formas simples em que os eléctrodos representam, mas não imitam, partes dos artigos que devem ser electrorevestidos. A mair parte destes métodos envolvem a pesagem e comparação das quantidades depositadas em dois ou mais eléctrodos, sendo este de longe o processo mais preciso de determinação da espessura média dos revestimentos.

Haring e Blum (4) simularam o comportamento dos artigos de forma complexa usando um cátodo dividido (figura 8).

Um ânodo plano, perfurado (para igualar a polarização anódica) coloca-se entre dois cátodos paralelos, C_1 e C_2. Os cátodos têm um potêncial comum, mas C_1 está mais perto do ânodo que C_2. A célula é uma caixa rectangular com secções transversais quadradas dispondo-se os cátodos nos lados quadrados da caixa.

Se o único factor que afecta o transporte da corrente é a resistência do electrólito, então a distribuição da corrente primária, P, entre os cátodos será inversamente proporcional à relação entre as distâncias dos cátodos ao ânodo.

Assim, a partir da figura 8:

$$P = \frac{l_2}{l_1} = \frac{\text{densidade de corrente em } C_1}{\text{densidade de corrente em } C_2}$$

A célula de Haring e Blum mais usada tem um comprimento de 152,4 mm e uma secção transversal de 50,8 × 50,8 mm; as medições são normalmente feitas fixando P = 5, isto é l_1 = 25,4 mm, l_2 = 127 mm.

Durante o electrorevestimento o metal deposita-se nos dois cátodos. Se a densidade de corrente se reparte uniformemente ao longo da superfície de cada cátodo, haverá uma distribuição regular do metal deposto e uma comparação entre os aumentos de peso verificados nos cátodos podia dar uma medida da eficiência do electrólito.

Por conseguinte, a relação de repartição do metal seria dada por:

$$M = \frac{\text{peso do metal depositado no cátodo } C_1}{\text{peso do metal depositado no cátodo } C_2}$$

Os valores obtidos para M podiam ser usados para dar uma indicação da eficiência de distribuição do electrólito, porém, seriam específicos duma cédula determinada e por isso a comparação com os resultados obtidos por outros autores não poderia fazer-se. Contudo, se se define a eficiência de distribuição como o acréscimo expresso em percentagem da razão metálica M acima da razão de distribuição da corrente primária P, resulta um valor mais realístico e reprodutível. Se um dos cátodos está a uma distância do ânodo cinco vezes maior que o outro, então P é 5. Se numa determinada experiência o peso do depósito no cátodo mais próximo do ânodo é quatro vezes maior que no mais afastado, M é 4; então a repartição do metal é mais uniforme que a que seria esperada atendendo à posição dos dois cátodos.

Haring e Blum (4) derivaram a seguinte expressão para a eficiência de distribuição, T, dum banho electrolítico:

$$T = \frac{P - M}{P} \times 100\ \% \qquad \text{(i)}$$

Substituindo os valores de P e M obtidos acima:

$$T = \frac{5 - 4}{5} \times 100\%$$

$$T = +\ 20\%$$

Assim, a quantidade de metal depositado no cátodo mais distante era vinte por cento maior que a que seria esperada por uma simples consideração baseada na resistência electrolítica.

De acordo com a equação (i) T varia entre $-\infty$ e + 80% obtendo-se estes limites para M igual a ∞ e 1 respectivamente.

Heathley (5) reviu a fórmula de Haring - Blum e obteve uma expressão que conduz a valores limites para T muito mais aceitáveis ($-\infty$ e + 100%):

$$T = \frac{P - M}{P - 1} \times 100\% \qquad \text{(ii)}$$

Contudo, das várias fórmulas propostas para exprimir a eficiência de distribuição, a devida a Field (6) é actualmente a mais usada:

$$T = \frac{P - M}{P + M - 2} \times 100\% \qquad \text{(iii)}$$

Esta fórmula tem a vantagem de conduzir a valores limites para T muito mais práticos. Assim, quando as quantidades de metal deposto nos cátodos são iguais,